

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL

FABIANE MASCARELLO

**ENTRE A QUÍMICA E A VIDA: INVESTIGANDO CONCEITOS QUÍMICOS DE
ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE CASOS DE ENSINO**

CAXIAS DO SUL, RS
NOVEMBRO
2025

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**ENTRE A QUÍMICA E A VIDA: INVESTIGANDO CONCEITOS QUÍMICOS DE
ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE CASOS DE ENSINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul, sob orientação do Prof(a). Dr(a). Fernanda Miotto, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

CAXIAS DO SUL, RS

NOVEMBRO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

M395e Mascarello, Fabiane

Entre a química e a vida [recurso eletrônico] : investigando conceitos químicos de estequiometria por meio de casos de ensino / Fabiane Mascarello. – 2025.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2025.

Orientação: Fernanda Miotto.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Química - Estudo e ensino. 2. Estequiometria. 3. Ensino médio. I. Miotto, Fernanda, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 54:37

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

FABIANE MASCARELLO

**ENTRE A QUÍMICA E A VIDA: INVESTIGANDO CONCEITOS QUÍMICOS DE
ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE CASOS DE ENSINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em 25/11/2026

Banca Examinadora

Profa. Dra. Carla Eliana Todero Ritter
Secretaria de Educação de Caxias do Sul

Prof. Odilon Giovannini Junior
Universidade de Caxias do Sul – UCS

RESUMO

O ensino de Química, especialmente no que se refere à estequiometria, ainda representa um desafio para os estudantes do Ensino Médio, devido ao alto grau de abstração conceitual e ao distanciamento entre os conteúdos escolares e as experiências cotidianas. Diante dessa problemática, esta pesquisa teve como objetivo investigar as potencialidades do uso de casos de ensino, articulados à abordagem investigativa, na aprendizagem de conceitos de estequiometria em contexto escolar, tomando como eixo de contextualização a interface entre Química e Saúde. O estudo, de natureza qualitativa, aplicada e intervencionista, foi desenvolvido com uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública de Flores da Cunha (RS), inserida na área de Linguagens e suas Tecnologias, no contexto das trilhas formativas do Novo Ensino Médio. A sequência didática elaborada integrou metodologias ativas, como o método Jigsaw, estações de aprendizagem e um Escape Room temático, promovendo o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências investigativas. Os dados foram coletados por meio de observação participante, mapas conceituais, registros escritos e análise interpretativa das interações em sala de aula. O referencial teórico fundamentou-se em Piaget, Bachelard e Vygotsky, articulando dimensões cognitivas, epistemológicas e socioculturais da aprendizagem científica. Os resultados indicaram avanços significativos na compreensão das relações quantitativas das reações químicas, expressos, por exemplo, na maior precisão na resolução de problemas estequiométricos, na ampliação do uso da linguagem científica e no fortalecimento da capacidade argumentativa dos estudantes, além do aumento da colaboração e do engajamento coletivo nas atividades investigativas. Verificou-se que o ensino de estequiometria, quando contextualizado e mediado por situações investigativas, favorece a superação de obstáculos conceituais e o desenvolvimento do pensamento crítico. O produto educacional resultante — *Missão Estequiometria: Casos de Ensino em Química e Saúde* — apresenta uma proposta inovadora, replicável e alinhada às diretrizes da BNCC, contribuindo para a formação docente e para a renovação das práticas pedagógicas no ensino de Química. Conclui-se que a articulação entre investigação, contextualização e interdisciplinaridade constitui um caminho promissor para aproximar a ciência da vida e promover uma aprendizagem mais significativa, crítica e humanizadora.

Palavras-chave: Ensino de Química, Estequiometria, Casos de ensino, Abordagem investigativa, Contextualização.

ABSTRACT

The teaching of Chemistry, especially with regard to stoichiometry, still represents a challenge for high school students due to the high level of conceptual abstraction and the gap between school content and everyday experiences. In light of this issue, this research aimed to investigate the potential of using teaching cases, articulated with an inquiry-based approach, in the learning of stoichiometry concepts in the school context, using the interface between Chemistry and Health as the axis of contextualization. This qualitative, applied, and interventionist study was conducted with a second-year high school class from a public school in Flores da Cunha (RS), within the area of Languages and its Technologies, in the context of the New High School formative pathways. The didactic sequence developed integrated active methodologies such as the Jigsaw method, learning stations, and a thematic Escape Room, promoting student protagonism and the development of investigative competencies. Data were collected through participant observation, concept maps, written records, and interpretative analysis of classroom interactions. The theoretical framework was based on Piaget, Bachelard, and Vygotsky, articulating the cognitive, epistemological, and sociocultural dimensions of scientific learning. The results indicated significant progress in the understanding of the quantitative relationships of chemical reactions, evidenced, for example, by greater precision in solving stoichiometric problems, expanded use of scientific language, and strengthened students' argumentative skills, in addition to increased collaboration and collective engagement in investigative activities. It was observed that the teaching of stoichiometry, when contextualized and mediated through investigative situations, favors the overcoming of conceptual obstacles and the development of critical thinking. The resulting educational product — *Stoichiometry Mission: Teaching Cases in Chemistry and Health* — presents an innovative and replicable proposal aligned with the guidelines of the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), contributing to teacher education and to the renewal of pedagogical practices in Chemistry teaching. It is concluded that the articulation among inquiry, contextualization, and interdisciplinarity constitutes a promising path for bringing science closer to life and promoting more meaningful, critical, and humanizing learning.

Keywords: Chemistry Teaching, Stoichiometry, Teaching cases, Inquiry-based approach, Contextualization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Registros dos estudantes durante a aplicação do método Jigsaw.....	47
Figura 2: Produção de mapas conceituais representando as relações entre massa, mol e volume antes das atividades investigativas.....	51
Figura 3: Construção da colmeia estequiométrica, representando graficamente as conexões entre os conceitos de massa, mol, volume e partículas.....	54
Figura 4: Alunos resolvendo os exemplos associativos para discussão dos resultados.....	58
Figura 5: Grupos de alunos resolvendo desafios teórico-experimentais nas estações de aprendizagem da “Missão Estequiometria”.....	59
Figura 6: Estudantes analisando rótulos e realizando cálculos de dosagem medicamentosa no primeiro caso de ensino.....	66
Figura 7: Atividade experimental do caso de ensino 2, envolvendo análise de cálculos e hipóteses sobre contaminação de fármacos.....	69
Figura 8: Caso de ensino 3 de produção simulada de hipoclorito de sódio, destacando a aplicação social da Química em contexto pandêmico.....	73
Figura 9: Resolução do caso de ensino 4 referente a contaminação ambiental por medicamentos...	77
Figura 10 – Estudantes durante o Escape Room “O Laboratório Secreto”, resolvendo enigmas químicos e aplicando a estequiometria em um contexto lúdico e investigativo.....	82
Figura 11: Hexágono para construção da colmeia estequiométrica.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
Jigsaw	Método cooperativo de aprendizagem em que os estudantes atuam como especialistas em partes do conteúdo
RCG	Referencial Curricular Gaúcho
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dificuldades de aprendizagem em estequiometria.....	22
Quadro 2 - Etapas do ensino por investigação.....	28
Quadro 3: Intenções do professor na mediação investigativa.....	38
Quadro 4 – Evidências empíricas, interpretação teórica e implicações didáticas (Encontro 1)...	49
Quadro 5 – Síntese das respostas dos grupos no caso de ensino 1: superdosagem de medicamentos.....	64
Quadro 6 – Síntese dos resultados da etapa teórica do caso de ensino 2: concentrações e diluições de medicamentos.....	67
Quadro 7 – Síntese dos resultados do caso de ensino 3: produção de hipoclorito de sódio.....	71
Quadro 8 – Síntese dos resultados do caso de ensino 4: contaminação ambiental por medicamentos.....	74
Quadro 9 – Síntese comparativa dos Casos de Ensino da sequência Missão Estequiometria.....	77
Quadro 10 – Síntese geral da sequência didática: avanços, desafios e propostas de aprimoramento.....	85
Quadro 11: Etapas da sequência didática “Missão Estequiometria” e principais atividades desenvolvidas em cada encontro.....	87
Quadro 12: Categorias analíticas e eixos interpretativos da Análise Textual Discursiva (ATD).	90
Quadro 13: Roteiro detalhado da metodologia do Jigsaw.....	103

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. A construção do conhecimento científico e o papel da escola.....	15
2.2 O Ensino de Química e os desafios da Estequiometria.....	22
2.3 O Ensino por investigação e os casos de ensino.....	26
2.4 Interdisciplinaridade no Ensino de Química: integrando saberes para uma aprendizagem significativa.....	32
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
3.1. Caracterização da pesquisa.....	35
3.2. Contexto da pesquisa.....	36
3.3. Instrumentos de coleta de dados.....	37
3.4. Técnicas de análise de dados.....	39
3.5. Desenvolvimento da pesquisa.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Encontro 1 – Jigsaw: Construindo as bases do conhecimento coletivo.....	44
4.2 Encontro 2 – Mapa Conceitual: organizando ideias e conexões.....	50
4.3 Encontro 3 – A Colmeia Estequiométrica como estratégia de sistematização dos cálculos químicos.....	53
4.4 Encontro 4 – Exemplos associativos: aplicando a colmeia estequiométrica em duplas.....	56
4.5 Encontro 5 – Estações de aprendizagem: superando dificuldades e ampliando desafios conceituais.....	58
4.6 Introdução aos Casos de Ensino: a investigação como caminho para compreender os desafios da estequiometria.....	62
4.7 Encontro 6 – Caso de Ensino 1: Investigando a superdosagem de medicamentos.....	63
4.8 Encontro 7 – Caso de Ensino 2: Concentrações e diluições de medicamentos – entre o cálculo e a prática experimental.....	66
4.9 Encontro 8 – Caso de Ensino 3: Produção de hipoclorito de sódio – investigação, segurança e ciência em contexto pandêmico.....	69
4.10 Encontro 9 – Caso de Ensino 4: Contaminação ambiental por medicamentos, a estequiometria como ferramenta de conscientização e ação.....	73
4.11 Encontro 10 – Escape Room Estequiométrico: a aprendizagem como descoberta coletiva.....	80
4.12 Encerramento da sequência didática: avanços, desafios e caminhos para aprimoramento.....	83
5. PRODUTO EDUCACIONAL.....	87
5.1 Descrição das Etapas.....	88
5.2 Síntese das Etapas do Ensino por Investigação.....	90
5.3 Estrutura e organização do produto educacional.....	91
5.4 Aplicabilidade e orientações de uso.....	92
5.5 Avaliação e impacto pedagógico.....	93
5.6 Considerações sobre melhorias e possibilidades futuras.....	94
5.7 Síntese conclusiva do capítulo.....	94
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
7. REFERÊNCIAS.....	98

8. APÊNDICE A – TERMO DE ANUÊNCIA.....	101
9. APÊNDICE B – RÚBRICA DE AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	102
10. APÊNDICE C - Jigsaw: Montagem do conhecimento.....	103
11. APÊNDICE D - Colméia Estequiométrica.....	105
12. APÊNDICE E - Estações de Aprendizagem.....	106
13. APÊNDICE F - Casos de Ensino.....	109
14. APÊNDICE G - Escape Room.....	113

1. INTRODUÇÃO

O Novo Ensino Médio configura-se como uma proposta educacional organizada por áreas de conhecimento, oferecendo aos estudantes a possibilidade de escolher itinerários formativos de acordo com seus interesses e projetos de vida. Essa mudança curricular implica uma ressignificação do modelo de ensino, deslocando o foco das disciplinas tradicionais isoladas para a integração de saberes em áreas como Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Para a consolidação desse processo, são necessárias condições estruturais adequadas, investimento na formação docente, elaboração de projetos pedagógicos coerentes e valorização do professor como mediador da aprendizagem.

Entretanto, a implementação desse modelo enfrenta desafios consideráveis, tais como desigualdades entre as escolas, carência de infraestrutura, fragilidade na formação docente e prevalência de práticas pedagógicas baseadas em um ensino mecanicista, que pouco dialoga com os interesses dos estudantes. Assim, este estudo delimita-se ao campo do ensino de Química no Ensino Médio, com ênfase na aprendizagem de conceitos de estequiometria, tendo como contexto empírico uma escola pública da cidade de Flores da Cunha (RS). O foco recai sobre a análise das potencialidades didáticas de metodologias ativas, especialmente o uso de casos de ensino articulados à abordagem investigativa, no desenvolvimento de competências científicas e críticas entre os estudantes. Como já apontava Skinner (1968), muitas vezes a escola não estabelece objetivos claros de aprendizagem nem adota métodos pautados em princípios pedagógicos consistentes. Em perspectiva mais recente, Moreira (2011) reforça que práticas pedagógicas centradas na transmissão de conteúdos, sem articulação com os conhecimentos prévios dos estudantes e com situações significativas, tendem a limitar a compreensão conceitual, evidenciando a necessidade de repensar os processos de ensino e aprendizagem.

Diversos referenciais teóricos contribuem para a compreensão de alternativas metodológicas. Freire (1968) destaca que a educação deve articular cultura, conhecimento e sociedade, promovendo a formação de cidadãos críticos. Demo (1996; 2003) defende que a sala de aula deve se constituir em um espaço de pesquisa, no qual o docente atua como pesquisador da própria prática e incentivador da investigação discente. Piaget (1976) evidencia que o conhecimento se constrói pela interação ativa entre sujeito e objeto, em um processo gradual. Vygotsky (1998) ressalta a mediação social e cultural, enfatizando a importância da interação

entre pares e professores para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Bachelard (1996), por sua vez, introduz a noção de obstáculos epistemológicos, indicando que o avanço no conhecimento científico requer a superação de concepções prévias, aspecto fundamental no ensino de conceitos abstratos como os da Química. A articulação entre essas perspectivas teóricas sustenta a escolha de metodologias que valorizem a autonomia intelectual do estudante e o enfrentamento de obstáculos epistemológicos, coerentes com a proposta de ensino por investigação. Essa abordagem é entendida como meio de promover aprendizagens significativas por meio da problematização e da contextualização de conceitos científicos em situações concretas do cotidiano.

A abordagem investigativa, discutida por Carvalho (2013), aproxima-se dessas perspectivas ao propor que o estudante aprenda por meio da problematização e da pesquisa, enfrentando situações que exigem a formulação de hipóteses, a experimentação e a análise crítica. Nesse contexto, os casos de ensino destacam-se como uma estratégia metodológica relevante, pois permitem a abordagem de conteúdos a partir de situações concretas e contextualizadas, favorecendo a mobilização do raciocínio e a relação entre teoria e prática.

No ensino de Química, a estequiometria constitui um dos conteúdos mais complexos para os estudantes do Ensino Médio, em razão da abstração conceitual e da exigência de cálculos matemáticos. Diversos estudos apontam altos índices de dificuldade nessa temática, muitas vezes associados à falta de contextualização (NIAZ; MONTES, 2012). A inserção da estequiometria em contextos próximos da realidade dos alunos, como a saúde e os fármacos, pode contribuir para tornar o aprendizado mais compreensível e socialmente relevante (SANTOS, 2019).

Considerando a necessidade de aproximar a Química escolar dos contextos reais dos estudantes e de superar o ensino pautado na memorização de fórmulas e procedimentos, torna-se relevante investigar metodologias que integrem o pensamento científico, a contextualização social e a experimentação como instrumentos de aprendizagem. Diante desse cenário, esta pesquisa foi desenvolvida em uma turma de segundo ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio São Rafael de Flores da Cunha, no componente curricular de Química, situado na área de Ciências da Natureza. O estudo propõe a utilização de casos de ensino associados à abordagem investigativa, aplicados ao tema da estequiometria em interface com a saúde. A questão norteadora consiste em indagar de que modo o uso de casos de ensino relacionados à área da saúde, especialmente aos fármacos, pode favorecer a aprendizagem dos conceitos de estequiometria entre estudantes do Ensino Médio.

O objetivo geral da investigação foi analisar as potencialidades didáticas do método de casos de ensino, associado à abordagem investigativa, no ensino de estequiometria aplicada ao contexto dos fármacos, a partir de uma intervenção pedagógica realizada com estudantes do Ensino Médio. Como desdobramentos, pretendem-se: identificar dificuldades conceituais dos estudantes relacionadas à compreensão do balanceamento químico e das proporções molares no estudo da estequiometria; desenvolver e aplicar casos de ensino de caráter interdisciplinar, articulando conceitos de Química, Matemática e Ciências da Saúde no contexto dos fármacos com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC); analisar os efeitos do uso de metodologias ativas investigativas no engajamento, na organização conceitual e no raciocínio estequiométrico dos estudantes, por meio da análise das produções dos estudantes, das interações em sala de aula e dos registros da prática investigativa; e elaborar um produto educacional direcionado a professores da Educação Básica, contemplando a aplicação de casos de ensino no ensino de estequiometria.

A relevância desta investigação encontra-se na busca por alternativas pedagógicas que tornem o ensino de Química mais contextualizado e próximo da realidade dos estudantes. A temática da saúde, por sua abrangência e relevância social, permite associar os conceitos químicos a situações concretas e cotidianas, favorecendo não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de competências investigativas e críticas. Além disso, a pesquisa responde às orientações da BNCC, que propõe um ensino pautado em competências e habilidades, articulando os conteúdos escolares às práticas sociais e culturais.

A experiência profissional da professora-pesquisadora, acumulada desde 2008 na Educação Básica, em escolas públicas e privadas, indica que os estudantes tendem a apresentar maiores dificuldades na aprendizagem de conteúdos abstratos quando não conseguem estabelecer relações entre os conceitos escolares e situações do cotidiano, aspecto também apontado por Moreira (2011) e Santos (2019). Nesse sentido, a estequiometria destaca-se como um dos temas de maior complexidade. Trabalhar esse conteúdo a partir da temática da saúde representa, portanto, uma oportunidade de inovação pedagógica, em consonância com o Caderno de Itinerários Formativos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2018), que ressalta a importância do protagonismo juvenil e da contextualização.

Com base nesses aspectos, a presente pesquisa busca contribuir para a melhoria do ensino de Química no Ensino Médio ao propor a utilização de casos de ensino como estratégia metodológica articulada à abordagem investigativa. Essa proposta, além de aproximar os conceitos científicos da realidade discente, apresenta potencial de replicabilidade por outros docentes, constituindo um produto educacional relevante, inovador e socialmente aplicável.

A presente dissertação está organizada em oito capítulos. No primeiro, apresenta-se a introdução, com a contextualização, justificativa, objetivos e relevância do estudo. O segundo capítulo discute o referencial teórico, abordando as bases epistemológicas e pedagógicas que fundamentam a pesquisa. O terceiro capítulo descreve os procedimentos metodológicos e o percurso investigativo. O quarto capítulo apresenta e analisa os resultados obtidos. O quinto expõe o produto educacional desenvolvido — Missão Estequiometria. O sexto traz as considerações finais e, por fim, são apresentados as referências e os apêndices que complementam o estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo apresenta os fundamentos teóricos que sustentam a pesquisa, articulando as dimensões epistemológica, metodológica e didático-pedagógica do ensino de Química. São discutidas as contribuições de Piaget, Bachelard e Vygotsky para a compreensão dos processos de aprendizagem científica e, posteriormente, abordam-se os desafios específicos do ensino de estequiometria, a perspectiva do ensino por investigação e a integração interdisciplinar como eixo estruturante da proposta. Essa fundamentação orienta a construção da sequência didática e a análise dos dados apresentados nos capítulos seguintes.

O ensino de ciências, e aqui nos referimos, em especial, ao ensino de Química, vem há décadas sendo atravessado por desafios que não são apenas de ordem didática, mas também profundamente epistemológicos. Ensinar Química é lidar com conceitos que, muitas vezes, não têm referência direta no cotidiano dos estudantes. Isso nos obriga a repensar, com mais cuidado, como esses conhecimentos são, de fato, construídos, apropriados e ressignificados no ambiente escolar.

Um exemplo é estequiometria, tema que costuma aparecer já nos primeiros contatos dos alunos com a Química formal. Não é raro que ela seja apresentada apenas como uma sequência de cálculos, regras de três e equações a balancear, como se o domínio do conteúdo dependesse unicamente de memorizar fórmulas e aplicar algoritmos. Mas quem já esteve em sala de aula sabe: não é tão simples assim. A compreensão real da estequiometria exige muito mais — requer raciocínio proporcional, abstração, interpretação de representações simbólicas, e principalmente, a capacidade de conectar o mundo microscópico com situações concretas da vida real.

Diante disso, fica evidente que ensinar estequiometria — e tantos outros conceitos químicos — não pode se reduzir à transmissão linear de conteúdos. É preciso considerar que o conhecimento se constrói de forma ativa, e que cada estudante interpreta e transforma o que aprende a partir de suas próprias vivências, saberes prévios, linguagem e interação com os outros. Esse entendimento nos leva a buscar apoio em referenciais epistemológicos consistentes, que possam iluminar não só o quê ensinar, mas principalmente como ensinar.

Neste trabalho, nos apoiamos em três pilares teóricos que consideramos centrais para sustentar nossa proposta metodológica: a epistemologia genética de Jean Piaget, com sua ênfase na construção ativa e nos estágios do desenvolvimento cognitivo; a epistemologia da ruptura de Gaston Bachelard, que nos ajuda a compreender o papel dos erros, das concepções alternativas e

dos obstáculos à aprendizagem; e, finalmente, a teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky, que destaca a importância da linguagem, da mediação e das interações sociais no processo de internalização do conhecimento.

Cada um desses autores nos oferece ferramentas conceituais importantes para pensar a sala de aula de outra maneira. Eles dialogam diretamente com os princípios que orientam o uso de casos de ensino como estratégia pedagógica: um recurso que, para além de transmitir conteúdo, cria condições para que os estudantes investiguem, argumentem, tomem decisões e construam significados a partir de situações reais e contextualizadas, especialmente no campo da saúde

2.1. A construção do conhecimento científico e o papel da escola

A teoria de Jean Piaget, conhecida como epistemologia genética, constitui uma das bases mais sólidas para se pensar o ensino e a aprendizagem em ciências, especialmente no que diz respeito à construção de conceitos lógicos como os que envolvem a estequiometria. Para Piaget, o conhecimento não é algo que se transmite de um sujeito para outro de forma passiva; ao contrário, é resultado de um processo de construção ativa, em que o sujeito se relaciona com os objetos do mundo e com os desafios que eles impõem.

Essa concepção é conhecida como construtivismo, abordagem segundo a qual aprender significa construir estruturas mentais por meio da ação, da experimentação e da reorganização contínua de esquemas anteriores. Como Piaget afirma, “a inteligência é antes de mais nada uma adaptação... e isso é algo que envolve mudança” (Piaget, 1973, p. 18). Portanto, ensinar ciências não deve se limitar à transmissão de fórmulas e modelos prontos e acabados, mas sim à criação de condições para que o aluno reflita, confronte ideias, proponha hipóteses, teste soluções — em outras palavras, que atue como sujeito do seu próprio processo de aprendizagem.

Essa construção ativa ocorre dentro de um processo de desenvolvimento cognitivo, que Piaget sistematizou em estágios. São eles: o sensório-motor (0 a 2 anos), o pré-operatório (2 a 7 anos), o operatório concreto (7 a 11 anos) e o operatório formal (a partir dos 11 ou 12 anos) (Piaget, 1976). No ensino médio, espera-se que os estudantes estejam, predominantemente, no estágio operatório formal, o qual é caracterizado pela capacidade de realizar operações mentais abstratas, como pensar logicamente sobre hipóteses, proporções e relações simbólicas — habilidades essenciais para compreender os fundamentos da estequiometria). Entretanto, nem todos os alunos atingem plenamente esse estágio no tempo esperado, ou desenvolvem essas capacidades em sua totalidade sem o devido estímulo escolar. Isso reforça a importância de

práticas pedagógicas que desafiem o pensamento do estudante, mas que também respeitem o seu ritmo de desenvolvimento, fornecendo mediações adequadas (Moreira, 2006).

O processo que possibilita a passagem de um estágio a outro é o da equilibração, um conceito central na teoria de Piaget. A equilibração representa o mecanismo interno de autorregulação do conhecimento. Ela ocorre quando o sujeito se depara com uma nova informação que não se encaixa em seu esquema mental atual, provocando um desequilíbrio. Para superar essa instabilidade, ele modifica seus esquemas — o que caracteriza a acomodação — ou interpreta a nova informação à luz dos esquemas já existentes, o que caracteriza a assimilação. O próprio Piaget resume essa ideia ao dizer que “o equilíbrio é o resultado sempre provisório entre os processos de assimilação e acomodação” (Piaget, 1978, p. 28).

Em uma aula de Química, por exemplo, um estudante que concebe a formação de produtos em uma reação como diretamente proporcional apenas à massa de reagente pode entrar em desequilíbrio cognitivo ao enfrentar uma situação-problema que exige a interpretação das proporções estequiométricas. Esse desequilíbrio, conforme discutido por Piaget (1978), gera a necessidade de reestruturação dos esquemas cognitivos, possibilitando a construção de conceitos mais elaborados. Nessa perspectiva, a aprendizagem torna-se significativa à medida que o novo conhecimento se ancora nos saberes prévios e os reorganiza, como propõem Ausubel (1980) e Moreira (2011), sendo favorecida por metodologias investigativas, como os casos de ensino.

Outro ponto fundamental da epistemologia genética é o reconhecimento do papel da ação no processo de construção do conhecimento. A ação, para Piaget, não é apenas motora, mas envolve a manipulação simbólica, a organização do pensamento e a experimentação com ideias. O conhecimento não é contemplativo, mas sim ativo, como ele afirma: “saber é transformar o real e compreendê-lo a partir dessa transformação” (Piaget, 1978, p. 43).

Esse entendimento é ampliado por Carvalho (2013), que defende que o ensino de ciências deve proporcionar aos estudantes oportunidades de agir, pensar e refletir sobre fenômenos reais, numa dinâmica que envolva tanto a experimentação quanto o raciocínio. Para ela, o ensino por investigação é “um modo de ensinar que se baseia na mobilização de capacidades cognitivas do aluno e que o coloca como sujeito de sua aprendizagem” (Carvalho, 2013, p. 25). A autora argumenta que é essencial que o aluno se envolva com situações reais e desafiadoras, e que o professor assuma o papel de mediador e provocador do pensamento investigativo. Ela ainda aponta que a investigação, ao problematizar situações e estimular a formulação de hipóteses, contribui para o surgimento de conflitos cognitivos que, nos termos de Piaget, desencadeiam processos de equilibração. Assim, o ensino por investigação funciona

como um gatilho para a reconstrução conceitual, pois exige que o aluno confronte suas ideias e busque novas explicações mais adequadas aos dados e evidências disponíveis.

Essa construção ativa se dá por meio da interação entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Piaget não via o conhecimento como algo que está no objeto esperando para ser descoberto, nem como algo que o sujeito já possui internamente. Trata-se de uma relação dialética entre sujeito e objeto: ao agir sobre o mundo, o sujeito transforma o objeto e, ao mesmo tempo, transforma a si mesmo. Segundo Piaget (1976), “o conhecimento é uma construção contínua pela interação entre a experiência e a estrutura”. Isso dialoga diretamente com a proposta desta dissertação, que visa criar experiências didáticas em que o aluno seja desafiado a agir cognitivamente diante de problemas, oriundos de situações da prática profissional em saúde.

O construtivismo piagetiano, apesar de amplamente difundido, por vezes foi mal interpretado como uma defesa do ensino sem intervenção docente. Pelo contrário, como ressalta Coll (2006), o papel do professor é justamente o de organizar situações de aprendizagem que estimulem a ação reflexiva do aluno e promovam o desequilíbrio cognitivo necessário à construção de novos saberes. Ensinar estequiometria, nesse sentido, exige que o docente vá além da explicação expositiva, propondo desafios contextualizados que levem o estudante a rever e reconstruir suas ideias sobre proporção, mol e conservação de massa, conforme defendem Carvalho (2013) e Mortimer (1996).

Se, como vimos anteriormente, o conhecimento se constrói na interação ativa entre sujeito e objeto, mediado pela ação e pelo conflito cognitivo, é necessário avançar em direção a uma compreensão mais ampla do processo de aprendizagem científica, que envolva também o enfrentamento de resistências internas ao pensamento. Essas resistências, muitas vezes silenciosas e invisíveis, compõem o que Gaston Bachelard denominou de obstáculos epistemológicos — noções prévias, imagens intuitivas e ideias construídas no senso comum que impedem o avanço do pensamento científico.

Para Bachelard (1996), o conhecimento não se desenvolve de forma linear e cumulativa, como uma simples soma de verdades, mas sim por meio de rupturas radicais com o saber anterior. Em sua obra *A formação do espírito científico*, ele afirma que “a primeira barreira à cultura científica é o conhecimento imediato” (Bachelard, 1996, p. 15). Ou seja, o que o aluno já “sabe” (ou acredita saber) frequentemente atua como obstáculo à compreensão conceitual da ciência. Isso é especialmente visível no ensino de química, disciplina em que muitos conteúdos exigem que o estudante abandone explicações intuitivas e adote modelos abstratos e

contra-intuitivos.

Tais obstáculos não são externos, como a ausência de recursos didáticos, nem acidentais, mas constituem parte integrante do próprio processo de formação do pensamento científico, devendo, portanto, ser reconhecidos e enfrentados no contexto da aprendizagem (BACHELARD, 1996). No ensino de estequiometria, estudos indicam que é recorrente a presença de concepções segundo as quais o aumento da massa de reagentes levaria, automaticamente, à maior formação de produtos, desconsiderando a proporção molar entre os componentes da reação (MORTIMER, 1996; ROGADO, 2004; NIAZ; MONTES, 2012). Outro obstáculo frequentemente descrito na literatura refere-se à compreensão do mol apenas como um valor numérico desprovido de significado físico-químico, o que dificulta o entendimento das relações quantitativas entre substâncias (SANTOS; MORAES, 2019).

Autores como Mortimer e Scott (2002) defendem que os obstáculos epistemológicos devem ser encarados não como falhas, mas como indícios valiosos da estrutura do pensamento do aluno. Ao compreender como esses obstáculos são formados, o professor pode planejar intervenções pedagógicas mais eficazes e respeitosas com o processo de construção do conhecimento. Como escrevem os autores: as ideias prévias dos alunos não devem ser descartadas, mas analisadas sob a ótica de seus contextos de construção (Mortimer; Scoot, 2002). Nesse cenário, a ruptura epistemológica torna-se um momento central da aprendizagem, pois é ela que marca a superação de um modo de pensar enraizado no senso comum e a passagem para uma compreensão mais próxima da lógica científica. Para Bachelard (1996, p. 17), “é preciso aprender contra o saber imediato, contra as primeiras impressões, contra as imagens e as regras herdadas”. E para isso acontecer, o erro assume um novo papel: deixa de ser um desvio a ser punido, e passa a ser um motor do pensamento.

Ao contrário do que muitos professores pensam, o erro não deve ser rapidamente corrigido ou evitado. Como defende Pessanha (2025), ele deve ser assumido como parte legítima do processo de aprendizagem, pois é a partir dele que o estudante revela o modo como constrói explicações e articula sentidos. Assim, ao invés de evitar o erro, o professor deve criar situações didáticas que o tragam à tona, para que ele possa ser analisado, discutido e superado — e é justamente nesse ponto que o ensino por investigação e os casos de ensino se tornam metodologias privilegiadas.

Nos casos de ensino, ao colocar o aluno diante de um problema contextualizado e desafiador, como o preparo de soluções intravenosas ou a dosagem de medicamentos, forçam o estudante a testar suas concepções e raciocínios prévios. Ao se deparar com um resultado

incompatível, o aluno entra em conflito com sua própria ideia inicial — o que Bachelard chamaria de *ruptura epistemológica* —, sendo assim impulsionado a revisar seu pensamento e buscar uma nova explicação. Para Polato Gomes e De Oliveira (2007), o uso pedagógico dos obstáculos epistemológicos deve ser intencional e planejado: eles constituem a matéria-prima da prática reflexiva do professor de química.

Ao unir essas ideias às contribuições de Piaget, podemos afirmar que o desenvolvimento cognitivo não ocorre apenas pela reorganização interna dos esquemas mentais, mas também pelo enfrentamento de barreiras conceituais herdadas culturalmente. Se Piaget aponta o conflito cognitivo como ponto de partida para a equilíbrio, Bachelard complementa mostrando que muitos desses conflitos são profundos, históricos, e exigem rompimentos radicais com ideias já naturalizadas.

Assim, o papel do professor de ciências (e aqui especialmente o professor de química) não é apenas o de transmissor de conteúdos ou mediador neutro, mas sim o de provocador de rupturas. Ele deve construir, de forma sensível e planejada, situações em que o aluno possa expor suas ideias, colocá-las em confronto com dados, modelos e argumentos, e, a partir disso, reconstruí-las. É nesse processo que o pensamento científico se forma e se fortalece. A epistemologia da ruptura, portanto, nos convida a olhar para o ensino de ciências com mais profundidade, reconhecendo a importância dos erros, das dúvidas, das falsas certezas — e, acima de tudo, da coragem de repensar o que parece óbvio. É nesse terreno instável e fértil que se forma o espírito científico.

Até aqui, discutimos como o conhecimento pode ser compreendido como uma construção individual, tanto a partir da interação ativa com o objeto do conhecimento, como propõe Piaget, quanto pelo enfrentamento e superação de obstáculos epistemológicos, como nos alerta Bachelard. Entretanto, ao voltarmos o olhar para a sala de aula, não lidamos com um único sujeito. Lidamos com grupos humanos diversos, que aprendem em interação, mediados por linguagem, cultura e pelas relações sociais que fazem parte do ambiente escolar. Nesse contexto, torna-se fundamental considerar o papel do outro, ou seja, do professor, dos colegas e das ferramentas culturais na formação dos conceitos científicos. É nesse ponto que as contribuições de Lev Vygotsky oferecem um salto qualitativo à compreensão do processo educativo.

Vygotsky, psicólogo russo, propõe que o desenvolvimento humano é essencialmente mediado. A aprendizagem, em sua concepção, ocorre inicialmente em um plano social (entre sujeitos) e só depois se interioriza, tornando-se parte do funcionamento psicológico do

indivíduo. Ele resume esse processo de forma icônica ao afirmar que “toda função no desenvolvimento cultural da criança aparece duas vezes: primeiro no nível social e depois no nível individual; primeiro entre pessoas (interpsicológica) e depois dentro da criança (intrapicológica)” (Vygotsky, 1984, p. 97).

Essa formulação é retomada por autores como Oliveira (1997), que ressalta que, para Vygotsky, o sujeito não aprende sozinho, mas sim por meio da mediação social e da cultura. Para a autora, “o desenvolvimento das funções psicológicas superiores se dá, fundamentalmente, por meio de relações sociais e da apropriação de instrumentos culturais, entre eles a linguagem” (Oliveira, 1997, p. 24). Isso tem implicações diretas para o ensino de ciências: aprender a linguagem da química, por exemplo, não é apenas memorizar termos, mas participar de uma forma específica de pensar e representar o mundo.

Um dos conceitos mais importantes da obra de Vygotsky é o de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Ela representa o espaço entre aquilo que o aluno já consegue fazer sozinho e aquilo que ele pode fazer com ajuda. Segundo o autor, “a ZDP é a distância entre o nível de desenvolvimento real [...] e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela resolução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com pares mais capazes” (Vygotsky, 1984, p. 101). É exatamente nesse espaço que o professor deve atuar: oferecendo desafios que não sejam nem fáceis demais (o que gera tédio), nem difíceis demais (o que gera frustração), mas que permitam avanços a partir da interação social e da mediação intencional.

Rego (2004) destaca que a ZDP é também um instrumento de planejamento pedagógico, pois permite ao professor organizar atividades que favoreçam avanços reais no desenvolvimento do aluno. Segundo a autora, “ensinar é operar dentro da ZDP do aluno, ou seja, propor tarefas que estejam no limiar de sua capacidade e possam ser realizadas com auxílio” (Rego, 2004, p. 72). Esse conceito é diretamente aplicável ao ensino por investigação e ao uso de casos de ensino, que oferecem problemas contextualizados e exigem do estudante a mobilização de conhecimentos que ele ainda está em processo de apropriação.

Outro ponto fundamental é o papel da linguagem como mediadora do desenvolvimento. Para Vygotsky, a linguagem não é apenas um meio de comunicação, mas o principal instrumento de formação do pensamento. Segundo ele, “o pensamento se desenvolve por meio da linguagem, e a linguagem se transforma em pensamento interior” (Vygotsky, 1984, p. 109). Mortimer e Scott (2002), ao analisarem a sala de aula de ciências sob a perspectiva sociocultural, afirmam que é por meio da linguagem que os estudantes se apropriam da visão de mundo da ciência. Eles

destacam que a interação discursiva é central para que os alunos avancem em direção aos modos científicos de explicar fenômenos.

Essa perspectiva ajuda a entender por que tantos estudantes apresentam dificuldades com conteúdos como estequiometria: frequentemente, eles não dominam a linguagem simbólica da química, nem têm oportunidades para praticá-la em contextos significativos. Ao propormos o uso de casos de ensino contextualizados, buscamos justamente inserir o aluno em situações em que ele precise usar a linguagem científica para resolver problemas. Isso potencializa a aprendizagem, pois, ao discutir em grupo, confrontar hipóteses, justificar procedimentos e refletir sobre suas decisões, o estudante ativa funções cognitivas superiores — como o raciocínio lógico, a análise crítica e a abstração — que são, na visão de Vygotsky, formadas e desenvolvidas pela cultura.

A ideia de que o conhecimento se constrói na e pela cultura é um dos pilares da abordagem histórico-cultural. A ciência, como prática social, não é neutra, tampouco natural. Ela é uma forma específica de compreender o mundo, construída historicamente por uma comunidade de praticantes. Assim, ao ensinar química, o professor não está apenas transmitindo conteúdos, mas inserindo o aluno em uma forma cultural de pensar. Para que isso aconteça, é preciso criar situações em que o aluno tenha acesso às ferramentas dessa cultura: conceitos, símbolos, modelos, modos de raciocínio e formas de argumentação. A internalização, por fim, é o processo por meio do qual as interações sociais se transformam em funções psicológicas individuais. Como destaca Wertsch (1991), a aprendizagem é um processo de apropriação: o estudante se apropria da cultura, das ferramentas simbólicas, das formas de pensar. Mas essa apropriação não é automática — ela exige mediação intencional, diálogo e tempo. O uso de casos de ensino proporciona esse tipo de experiência, ao apresentar desafios complexos que exigem reflexão coletiva, negociação de significados e reconstrução conceitual.

Dessa forma, a integração das contribuições de Piaget, Bachelard e Vygotsky permite compreender que o ensino de Química, especialmente de conceitos abstratos como os da estequiometria, requer estratégias didáticas que articulem ação, mediação e reflexão. Essa tríade teórica sustenta a proposta investigativa deste estudo, em que o estudante é colocado em situações de conflito cognitivo, de ruptura epistemológica e de aprendizagem mediada, conforme os princípios da abordagem investigativa.

2.2 O Ensino de Química e os desafios da Estequiometria

A estequiometria representa um dos fundamentos centrais da química, pois é a partir dela que se compreende a estrutura quantitativa das reações, o conceito de mol, e a proporcionalidade entre reagentes e produtos. Muito além de um simples conteúdo curricular, a estequiometria contribui diretamente para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como o raciocínio lógico, a abstração simbólica e a resolução de problemas quantitativos — competências indispensáveis para a formação científica dos estudantes (SILVA; BETINI; ALVES, 2018). No plano cotidiano, a compreensão da estequiometria permite ao cidadão lidar com situações práticas, como o preparo de soluções, o entendimento de dosagens de medicamentos, a avaliação de rótulos nutricionais e até mesmo a análise de fenômenos ambientais, como o cálculo de emissões poluentes. Esses exemplos ilustram como a estequiometria pode ser compreendida como uma forma de letramento científico (Santos, Mortimer, 2002), no qual o conhecimento químico é mobilizado para a compreensão crítica e informada do mundo.

Santos e Moraes (2019) apontam que muitos alunos associam o conceito de mol à massa, demonstrando uma compreensão fragmentada e superficial do significado químico da quantidade de matéria. Mortimer (1996) observa que, frequentemente, o ensino de estequiometria é baseado em exercícios matemáticos descontextualizados, o que contribui para a memorização mecânica de fórmulas, sem que haja compreensão dos princípios que fundamentam os cálculos. Como destaca Moreira (2011), quando o ensino ocorre de forma tradicional e transmissiva, sem considerar os conhecimentos prévios dos alunos e sem conectar os conteúdos à sua realidade, a aprendizagem se torna vazia e sem sentido.

Para compreender melhor as raízes dessas dificuldades, diversos autores têm organizado e classificado os principais obstáculos enfrentados no ensino e aprendizagem da estequiometria, como sintetizado a seguir no quadro 1:

Quadro 1 – Dificuldades de aprendizagem em estequiometria

Categoria	Descrição	Exemplo	Referência
1 - Conceitual	Dificuldade em compreender os conceitos de mol, proporção, balanceamento e conservação da massa.	Alunos confundem mol com massa, acreditam que “mais reagente gera sempre mais produto”.	Mortimer (1996); Rogado (2004)

2 - Matemática	Limitações em habilidades matemáticas básicas, especialmente em regra de três, conversões de unidades e interpretação proporcional.	Incapacidade de aplicar corretamente a razão entre substâncias químicas em problemas.	Costa & Souza (2013); Silva (2014)
3 - Simbólica	Dificuldade na leitura e interpretação de equações químicas simbólicas.	Alunos leem os coeficientes como quantidade de átomos e não como proporções em mols.	Schembri (2013)
4 - Linguagem Científica	Falta de familiaridade com os termos técnicos e representações da química.	Alunos confundem termos como “substância”, “reagente”, “produto”, “massa molar”.	Santos (2013)
5 - Contextualização	Falta de conexão entre os conteúdos e a realidade do estudante.	Alunos não compreendem a utilidade dos cálculos estequiométricos fora da escola.	Santo & Lourenço (2020)
6 - Ensino tradicional	Abordagem centrada na repetição de exercícios descontextualizados, com pouca mediação pedagógica.	Ensino baseado na memorização de fórmulas e procedimentos.	Costa & Souza (2013)

Fonte: Autora

Frente a esse panorama, diversos autores propõem alternativas pedagógicas para enfrentar os obstáculos à aprendizagem da estequiometria. Moreira (2011) defende a utilização da teoria da aprendizagem significativa, baseada em Ausubel (1980), como base para um ensino que leve em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e promova conexões lógicas e psicológicas com o novo conteúdo. Mortimer e Machado (2001) sugerem o uso de interações discursivas e problematizações, que estimulem o estudante a refletir, verbalizar suas hipóteses e reorganizar seus pensamentos por meio da linguagem.

Outra estratégia apontada na literatura é a contextualização dos conteúdos químicos, relacionando-os com temas relevantes para a vida cotidiana e para áreas de interesse dos estudantes, como a saúde, o meio ambiente e a alimentação (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Por exemplo, situações envolvendo a diluição de medicamentos, o preparo de soluções

para soro caseiro, ou a quantidade de gás carbônico liberado em processos respiratórios são caminhos concretos para atribuir significado ao conteúdo e motivar o aprendizado.

Por fim, autores como Carvalho (2013), Azevedo (2004) e Zompero e Labúru (2011) recomendam o uso de estratégias investigativas e metodologias ativas, como a resolução de problemas e os casos de ensino, pois permitem ao estudante assumir um papel mais ativo na construção do conhecimento. Nessas abordagens, o erro, o debate, a dúvida e a argumentação tornam-se recursos didáticos para a reconstrução conceitual — uma prática que dialoga diretamente com o referencial teórico discutido neste trabalho. Mais do que um conteúdo difícil, a estequiometria deve ser compreendida como uma ferramenta para a formação científica e para o exercício da cidadania. Ao contribuir com o desenvolvimento do raciocínio proporcional, da leitura crítica de informações químicas e da capacidade de resolver problemas do cotidiano, seu ensino pode, e deve, ser repensado a partir de estratégias mais humanas, investigativas e contextualizadas.

Como já comentado, a estequiometria, embora reconhecida como um dos conteúdos mais difíceis da Química, possui enorme potencial para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da abstração e do letramento científico. No entanto, para que esse potencial seja plenamente explorado, é necessário que sua abordagem esteja articulada com contextos significativos, relacionados à vida dos estudantes e às suas realidades socioculturais. Essa perspectiva é defendida por diversos autores da área da educação em ciências (Zabala, 1998; Gil-Pérez et al, 2001) e encontra respaldo nos principais documentos curriculares da educação básica brasileira, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Referencial Curricular Gaúcho do Ensino Médio (Rio Grande do Sul, 2021).

A BNCC estabelece como princípio norteador a necessidade de desenvolver competências gerais que articulem conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, preparando os estudantes para a vida em sociedade, o mundo do trabalho e a construção de projetos de vida (Brasil, 2018). Dentro da área de Ciências da Natureza, a Química é compreendida como disciplina que deve ajudar os jovens a compreenderem fenômenos naturais, tecnológicos e sociais, sendo imprescindível que o ensino ocorra de forma contextualizada, interdisciplinar e voltada à resolução de problemas reais. O Referencial Gaúcho reforça essa diretriz ao destacar a importância de conectar o currículo às realidades locais e aos interesses dos estudantes, promovendo o protagonismo juvenil e a articulação com os Itinerários Formativos (Rio Grande do Sul, 2021).

Nesse contexto, a área da Saúde representa um campo privilegiado para a

contextualização do ensino de química, especialmente da estequiometria. Processos como a digestão, a respiração celular, a metabolização de medicamentos, o cálculo de dosagens, o equilíbrio hidroeletrolítico e o valor energético dos alimentos envolvem transformações químicas que podem ser quantificadas e compreendidas com base em conceitos estequiométricos (TARGINO *et al.*, 2013). Explorar essas relações ajuda a tornar o conteúdo mais próximo, relevante e motivador para os estudantes, sobretudo aqueles interessados em seguir carreiras nas áreas da saúde, estética, nutrição ou fisioterapia.

A estequiometria, nesse sentido, pode ser entendida como a linguagem da transformação química, ou seja, uma forma de descrever quantitativamente como a matéria se reorganiza, interage e forma novos produtos. Esse raciocínio se aplica diretamente a temas como a ação de medicamentos, a composição de soluções intravenosas, os ciclos bioquímicos celulares e até os efeitos de substâncias químicas em cosméticos e produtos de higiene. Como ressalta Portugal (2023), o ensino em química e saúde tem um enorme potencial de aproximação quando os conteúdos são apresentados em contextos reais e funcionalmente úteis.

Porém, como apontam autores como Wartha, Silva e Bejarano (2013), a simples inclusão de exemplos do cotidiano não garante, por si só, uma aprendizagem significativa. Isso porque muitos utilizam o conceito de contextualização de forma superficial, sem referenciá-lo a fundamentos teórico-metodológicos sólidos. Esses autores defendem que é preciso ir além: a contextualização deve ser crítica, estruturada e formativa, permitindo que o estudante perceba a articulação entre conhecimento científico e prática social. Para isso, são necessárias metodologias que promovam investigação, debate, resolução de problemas e tomada de decisões fundamentadas, como os casos de ensino, que este trabalho propõe como estratégia didática.

Favila e Adaime (2013) também alertam que a contextualização precisa ser deliberada, planejada e inserida de forma transversal, evitando o risco de uma abordagem superficial ou meramente ilustrativa. A proposta da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) e de projetos integradores contribui para essa visão, oferecendo caminhos para relacionar os conteúdos químicos às dimensões sociais, ambientais, éticas e econômicas da vida humana. Ao explorar, por exemplo, um caso de erro de dosagem medicamentosa em uma unidade básica de saúde, o professor pode mobilizar conceitos de mol, massa molar e proporção para discutir com os estudantes as consequências reais da falta de domínio deste conteúdo.

Dessa forma, ensinar estequiometria com base em contextos da saúde é uma maneira potente de articular os objetivos formativos da BNCC com a formação técnica, cidadã e científica dos estudantes, superando a fragmentação tradicional do ensino de química. Trata-se

de tornar o conteúdo não apenas compreensível, mas útil e formador, algo que responde às exigências curriculares, às necessidades sociais e aos anseios dos próprios jovens.

Com base nessas reflexões, evidencia-se que o ensino de estequiometria exige não apenas o domínio conceitual, mas também a criação de experiências significativas que permitam ao aluno agir, questionar e compreender o papel da Química em contextos reais. Essa necessidade orienta a escolha do ensino por investigação e dos casos de ensino como caminhos metodológicos que potencializam a aprendizagem ativa, integrando teoria, prática e contextualização.

2.3 O Ensino por investigação e os casos de ensino

Frente aos desafios históricos do ensino de ciências e à necessidade de formar sujeitos com pensamento crítico e capacidade de atuação autônoma, o ensino por investigação surge como uma das estratégias que mais se adequam com os pressupostos abordados até aqui. Esse modelo, com foco na construção ativa do conhecimento, quebra com a lógica da transmissão de conteúdos e propõe uma reorganização profunda da dinâmica da sala de aula: o aluno deixa de ser receptor e passa a ser investigador, enquanto o professor assume o papel de mediador intencional da aprendizagem.

Segundo Carvalho (2013) o ensino por investigação estrutura-se em quatro grandes etapas: problematização, levantamento de hipóteses, testagem e conclusão. Cada uma dessas fases propicia diferentes formas de engajamento cognitivo, afetivo e social, e mobiliza processos fundamentais para a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências científicas e humanas.

Na etapa de problematização, parte-se da apresentação de um fenômeno intrigante, uma situação-problema ou até mesmo um caso real que provoque curiosidade, dúvida e conflito cognitivo. Essa etapa requer os conhecimentos prévios dos alunos e insere o conteúdo em contextos mais significativos. O professor, nesse momento, deve ser hábil em criar um clima de investigação, evitando respostas prontas e abrindo espaço para que as perguntas surjam dos próprios estudantes. Esse momento está relacionado com a ideia de desequilíbrio de Piaget, fundamental para provocar movimento na estrutura cognitiva do sujeito.

Em seguida, os alunos realizam o levantamento de hipóteses, ou seja, à formulação de explicações provisórias para o fenômeno estudado. O ambiente deve favorecer a expressão livre das ideias, pois mesmo aquelas incorretas são fundamentais para o processo de aprendizagem. O

erro, como defendia Bachelard (1996), deve ser acolhido como um elemento formador, capaz de gerar rupturas epistemológicas e avanços conceituais. O professor atua como animador do pensamento divergente, incentivando a argumentação, o confronto de ideias e o respeito à pluralidade de explicações.

A terceira etapa, de testagem ou experimentação, envolve a realização de experimentos, análise de dados, modelagens ou debates que permitam confrontar as hipóteses com a realidade observável. É nesse momento que os alunos mobilizam habilidades de observação, registro, análise e interpretação, entrando em contato direto com os métodos científicos. O professor precisa garantir os recursos, orientar a organização dos grupos, levantar questões e promover a análise crítica dos resultados. Trata-se de uma fase relacionada ao papel da ação no processo de construção do conhecimento, como indicava Piaget, mas também da mediação significativa, proposta por Vygotsky, já que o saber se forma na interação com o outro, com o mundo e com os signos da linguagem.

Por fim, a etapa de conclusão e socialização constitui o momento de sistematização das ideias, revisão das hipóteses e elaboração das explicações científicas. Nesse estágio, o conhecimento tende a ser internalizado de forma mais elaborada, com o apoio da linguagem, da mediação docente e das interações entre os estudantes. Cabe ao(a) professor(a) orientar o fechamento conceitual, nomeando os conceitos de maneira precisa, mas sempre a partir das construções coletivas realizadas. Assim, essa fase pode ser compreendida como um espaço privilegiado para a consolidação das aprendizagens, uma vez que articula processos de acomodação cognitiva, superação de obstáculos epistemológicos e mediação social.

Autores como Azevedo (2004), Gómez, Adúriz-Bravo (2007), Zômpero e Laburu (2011), Sasseron (2013), reforçam que essa metodologia favorece não só a compreensão conceitual, mas o desenvolvimento de autonomia, argumentação, colaboração e pensamento científico, tornando-se um caminho potente para a formação de sujeitos críticos, capazes de se posicionar no mundo.

A avaliação, nesse contexto, também deve assumir um caráter formativo, processual e reflexivo. Avaliar não pode significar apenas verificar a memorização de conteúdos, mas compreender o percurso do estudante na elaboração de significados, nas interações com os pares e na reelaboração de conceitos. Carvalho e Gil-Pérez (2011), defendem que “avaliar é promover a aprendizagem”, ressaltando a importância da avaliação como momento de diagnóstico, intervenção e reorientação do processo de ensino-aprendizagem. A observação sistemática, os registros escritos dos estudantes, as discussões em grupo, os relatórios de experimentos, os

mapas conceituais e as autoavaliações são instrumentos valiosos para captar o desenvolvimento das competências investigativas. É importante ressaltar que os erros e as hipóteses equivocadas não devem ser punidos, mas compreendidos como expressões do raciocínio em construção. Como argumenta Bachelard (1996), é na correção dos erros que se revela o verdadeiro avanço do pensamento científico. Avaliar, nesse sentido, também é estimular a autonomia intelectual e a autorregulação da aprendizagem, favorecendo a internalização do conhecimento.

Portanto, a avaliação nesse modelo se distancia do tradicional instrumento somativo e aproxima-se de uma prática dialógica, inclusiva e construtiva, capaz de reconhecer a pluralidade dos ritmos e modos de aprender, respeitando as trajetórias individuais e valorizando os avanços conceituais, mesmo que parciais. Como destaca Moreira (2011), “avaliar é parte indissociável do processo de ensinar para que se aprenda com significado”.

Ou seja, o ensino por investigação não é apenas uma técnica didática, mas uma postura epistemológica e pedagógica que se alinha profundamente com a proposta de formar sujeitos reflexivos, éticos e atuantes. Sua adoção no ensino de ciências, e em particular no ensino de química, representa um passo significativo para uma educação mais coerente com os desafios do século XXI. Considerando os princípios da abordagem investigativa de Carvalho (2013), o Quadro 2 apresenta as principais etapas do ensino por investigação, destacando o papel do professor, o envolvimento do estudante e os critérios de avaliação que orientaram a análise do processo formativo.

Quadro 2 - Etapas do ensino por investigação.

Etapa	Descrição	Papel do professor	Papel do Aluno	Crítérios de Avaliação
Problematização	Apresentação de um problema instigante, situação real ou fenômeno a ser explicado	Estimular o conflito cognitivo e a curiosidade.	Compreender o problema, mobilizar saberes prévios, levantar questões.	Participação ativa na discussão inicial; formulação de perguntas; mobilização de conhecimentos prévios.
Hipóteses	Formulação de explicações provisórias para o fenômeno com base em ideias e experiências.	Estimular a expressão livre de ideias e acolher os erros como parte do processo.	Argumentar, propor ideias, justificar hipóteses, trabalhar em grupo.	Clareza e coerência das hipóteses; justificativas; capacidade de ouvir e considerar outras ideias.

Testagem	Realização de experimentos, simulações ou análise de dados para testar as hipóteses.	Fornecer recursos, organizar grupos, provocar a análise crítica dos resultados.	Observar, registrar dados, comparar com as hipóteses, discutir em grupo	Participação na coleta e análise de dados; precisão nos registros; contribuição para discussões.
Conclusão	Sistematização das ideias, elaboração das explicações e consolidação dos conceitos científicos	Mediar a construção final, nomear conceitos e promover a reflexão coletiva.	Comparar hipóteses com resultados, reformular ideias, comunicar conclusões.	Clareza na argumentação final; uso adequado da linguagem científica; apropriação conceitual.

Fonte: Autora (2025).

Vamos nos deter agora ao caso de ensino como uma estratégia didática que se alinha com este trabalho, especialmente no que se refere à aprendizagem ativa, à mediação docente e à construção coletiva do conhecimento. Enquanto o ensino por investigação proporciona uma estrutura para o desenvolvimento da autonomia cognitiva, o caso de ensino organiza e contextualiza essa experiência, ancorando-a em narrativas próximas do mundo real.

Segundo Minniti et al (2017), o caso de ensino é uma narrativa curta, baseada em uma situação real ou simulada, construída para provocar reflexão, tomada de decisão e discussão conceitual. Os casos partem de problemas abertos e autênticos, com múltiplas possíveis interpretações, e são elaborados de forma a instigar o pensamento crítico e a argumentação dos alunos. Como observa Ponte, Brocardo e Oliveira (2009), o uso de casos permite aproximar os estudantes de situações concretas em que é preciso interpretar dados, justificar hipóteses e tomar decisões fundamentadas em conhecimentos científicos.

Um dos grandes diferenciais dessa estratégia é seu foco na prática. Os casos, ao colocarem os alunos diante de dilemas que podem ser reais e complexos, promovem o desenvolvimento de habilidades essenciais à formação científica e profissional, como análise crítica, tomada de decisão, pensamento sistêmico, ética e comunicação. O estudante precisa lidar com variáveis, incertezas e contextos diversos, simulando o tipo de raciocínio exigido em ambientes de trabalho reais. Além disso, os casos favorecem o engajamento dos alunos, uma vez que envolvem situações próximas de sua vivência ou de seu projeto de vida. Esse engajamento é potencializado pela conexão com a realidade, um dos princípios centrais da BNCC (2018) e do Referencial Curricular Gaúcho (2021), que reforçam a importância de propostas pedagógicas

significativas, contextualizadas e integradas aos Itinerários Formativos. Ao utilizar um caso relacionado à dosagem de um medicamento, por exemplo, o professor de Química pode desenvolver competências específicas da área de Ciências da Natureza, ao mesmo tempo em que contribui para o letramento científico e para a formação crítica do estudante.

Outro ponto relevante é a flexibilidade dos casos: eles podem ser adaptados a diferentes níveis de ensino, temas curriculares, tempos didáticos e formatos de aplicação. Podem ser apresentados em texto, vídeo, imagem, simulação interativa, podcast, entre outros. Como salienta Wartha, Silva e Bejarano (2013), essa versatilidade torna os casos ferramentas valiosas tanto em aulas presenciais quanto em ambientes híbridos e virtuais, possibilitando o desenvolvimento de competências diversas.

Para que um caso de ensino seja efetivo, no entanto, é preciso que ele contenha alguns elementos essenciais: um contexto realista e significativo, próximo do universo do aluno; um problema central não resolvido, que suscite diferentes hipóteses; personagens ou agentes envolvidos na situação; dados ou informações que possam ser analisadas; um dilema conceitual ou ético, que convoque o uso do conhecimento científico; possibilidade de múltiplas interpretações e soluções, promovendo o debate. Esses elementos permitem que o caso funcione como um gatilho cognitivo e emocional, mobilizando os estudantes para a construção coletiva de saberes e favorecendo a consolidação conceitual ao final do processo. O professor, nesse cenário, atua como mediador investigativo, auxiliando na interpretação dos dados, na orientação da argumentação e na validação conceitual das conclusões, como já discutido no subitem anterior.

Diante disso, os casos de ensino constituem estratégias didáticas poderosas, pois articulam teoria e prática, favorecem a aprendizagem significativa, ampliam a capacidade de raciocínio dos alunos e reforçam a natureza situada e humana da ciência. No ensino de Química, eles representam uma ponte concreta entre os conceitos abstratos e as necessidades concretas do mundo, sendo ainda mais potentes quando vinculados à metodologia investigativa.

As metodologias de ensino por investigação e o uso de casos de ensino, longe de serem propostas teóricas descoladas da realidade, têm sido amplamente exploradas em experiências concretas, especialmente no ensino de Ciências e em áreas interdisciplinares ligadas à Saúde (FERNANDES; FERREIRA, 2023; DECOTTIGNIES *et al.*, 2022; BERNARDI; PAZINATO, 2022). Esses estudos reforçam a importância dessas abordagens quando o objetivo é promover aprendizagens significativas, integradas e alinhadas às competências exigidas pela BNCC e pelos itinerários formativos da área da saúde.

Na literatura da área de ensino de Química e Ciências da Natureza, encontramos diversos relatos que demonstram o impacto positivo do uso de casos de ensino em temáticas como reações químicas, transformações da matéria, estequiometria e saúde pública. Um exemplo concreto do uso de casos de ensino no ensino de Química é apresentado por Almeida, Castro e Moura (2022), que desenvolveram uma proposta didática baseada em um estudo de caso sobre automedicação e interações medicamentosas. O trabalho foi aplicado em turmas do ensino médio e consistia em uma sequência de atividades em que os alunos investigavam os componentes químicos presentes em medicamentos, interpretavam fórmulas e bulas, identificavam reações químicas associadas ao metabolismo dos fármacos, além de discutirem os efeitos fisiológicos e sociais da automedicação. A proposta integrou conhecimentos de química orgânica e bioquímica, promovendo reflexão crítica sobre hábitos de saúde e favorecendo o letramento científico em contextos da área da saúde. Segundo as autoras, a metodologia contribuiu para uma aprendizagem mais significativa e contextualizada, permitindo aos alunos compreenderem a ciência como ferramenta de análise e tomada de decisões no cotidiano

Um outro exemplo o uso de metodologias ativas, incluindo estudo de caso e investigação, foi desenvolvido por Salvino (2024) na disciplina eletiva “*Sabor e Ciência: a Química por trás dos Alimentos*”, ofertada a estudantes do ensino médio em uma escola pública de Alhandra (PB). A proposta teve como foco a temática da contaminação de alimentos por agrotóxicos e sua relação com o ensino de química, articulando conteúdos como tipos de solo, compostagem, propriedades químicas dos agrotóxicos, produção de inseticidas naturais e cultivo limpo. As aulas foram organizadas em dez encontros com estratégias diversas como debate, experimentação investigativa, rotação por estações e produção de conteúdo digital.

Esses exemplos mostram como o ensino por investigação e os casos de ensino não são metodologias concorrentes, mas sim complementares. Os casos funcionam como gatilhos narrativos situados, capazes de inserir o aluno em uma problemática real, enquanto a abordagem investigativa fornece a estrutura pedagógica para que ele explore, investigue, elabore hipóteses, teste soluções e construa explicações fundamentadas. Ao articular ambas, o professor promove um processo didático coerente com os pressupostos de Piaget, Vygotsky e Bachelard, já discutidos anteriormente nesta dissertação.

Essa articulação é especialmente útil quando aplicada ao ensino de temas de Química com grande dificuldade conceitual, como é o caso da estequiometria. Ao invés de apresentar diretamente equações químicas e proporções numéricas descontextualizadas, o docente pode propor um caso real, como o cálculo de dosagem de um medicamento para uma criança com

base em sua massa corporal, ou o balanço de macronutrientes em uma dieta hospitalar. Isso permite mobilizar conceitos estequiométricos de forma integrada, visual e funcional, contribuindo para a superação das dificuldades apontadas no Quadro 1.

Portanto, as evidências mostram que o uso integrado de casos e investigação favorece o engajamento, o raciocínio quantitativo e o letramento científico, objetivos centrais desta pesquisa. Tais metodologias não apenas facilitam a aprendizagem da estequiometria em contextos significativos, mas também colaboram para a formação de sujeitos capazes de compreender e atuar criticamente nas relações entre Química e Saúde, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação científica.

A literatura revisada evidencia que o ensino por investigação e o uso de casos de ensino não apenas favorecem a compreensão conceitual, mas também constituem um ambiente fértil para a integração de diferentes áreas do conhecimento. É nesse ponto que a interdisciplinaridade se apresenta como dimensão complementar, permitindo que o ensino de Química se conecte com fenômenos sociais, ambientais e de saúde, ampliando o potencial formativo da aprendizagem científica.

2.4 Interdisciplinaridade no Ensino de Química: integrando saberes para uma aprendizagem significativa

A interdisciplinaridade no ensino de Química é uma abordagem pedagógica que busca integrar conhecimentos de diferentes disciplinas, promovendo uma compreensão mais holística e contextualizada dos fenômenos científicos. Essa perspectiva é fundamental para tornar o ensino de Química mais relevante e conectado com a realidade dos estudantes.

Pombo (2005) destaca que a interdisciplinaridade promove a quebra de barreiras entre as disciplinas, incentivando uma visão holística do conhecimento. No contexto da saúde, essa abordagem permite que os alunos compreendam como os cálculos estequiométricos são aplicados na determinação de concentrações de soluções fisiológicas ou na dosagem de vitaminas (Moran, 2015).

Segundo Fazenda (1994), a interdisciplinaridade é um processo de construção do conhecimento que ultrapassa as fronteiras disciplinares, permitindo uma visão mais ampla e integrada dos conteúdos. No contexto educacional, essa abordagem favorece a articulação entre teoria e prática, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

No ensino de Química, a interdisciplinaridade pode ser implementada por meio de projetos que envolvam temas do cotidiano dos alunos, como alimentação, saúde e meio ambiente. Chaves (2021) destaca que a integração de conteúdos químicos com outras áreas do conhecimento possibilita aos estudantes compreenderem a aplicabilidade da Química em diferentes contextos, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas.

A interdisciplinaridade no ensino de Química permite a integração de conhecimentos de diferentes áreas, como Biologia, Física e Saúde, ampliando a compreensão dos estudantes sobre fenômenos complexos (FAZENDA, 2011). A estequiometria, quando abordada de forma interdisciplinar, pode ser articulada a temas como metabolismo, nutrição e farmacologia, ampliando as possibilidades de contextualização dos conceitos químicos no ensino médio (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013). Nessa perspectiva, a aprendizagem tende a tornar-se mais significativa à medida que novos conhecimentos se relacionam de modo não arbitrário com os saberes prévios dos estudantes, conforme proposto por Ausubel (1968).

Entretanto, a efetivação da interdisciplinaridade no ensino de Química enfrenta desafios, como a formação inicial e continuada dos professores. Silva e Rodrigues (2009) apontam que muitos docentes ainda possuem uma formação disciplinar, o que dificulta a implementação de práticas interdisciplinares em sala de aula. Além disso, a falta de materiais didáticos e de planejamento colaborativo entre os professores são obstáculos para a consolidação dessa abordagem.

Para superar essas dificuldades, é necessário investir na formação docente que promova a reflexão sobre a prática pedagógica e incentive a colaboração entre professores de diferentes áreas. A utilização de metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos, também pode contribuir para a integração dos conteúdos e o desenvolvimento de competências interdisciplinares nos estudantes.

Assim, a interdisciplinaridade no ensino de Química é uma estratégia pedagógica que enriquece o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais significativo e conectado com a realidade dos alunos. Para sua efetivação, é fundamental o compromisso institucional com a formação docente e o incentivo à colaboração entre as diferentes áreas do conhecimento.

Em síntese, o referencial teórico apresentado fornece o alicerce para a construção da proposta metodológica desta pesquisa. As contribuições de Piaget, Bachelard e Vygotsky, aliadas à perspectiva do ensino por investigação e ao enfoque interdisciplinar, orientam a elaboração da sequência didática *Missão Estequiometria*, apresentada no capítulo seguinte. Tal

fundamentação assegura a coerência epistemológica e pedagógica entre a teoria e a prática investigativa desenvolvida.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos que nortearam o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo sua natureza, abordagem, contexto de aplicação, participantes, instrumentos de coleta de dados, técnicas de análise e as etapas do processo investigativo. A organização metodológica busca assegurar a coerência entre os objetivos propostos, os referenciais teóricos adotados e a prática educativa implementada.

3.1. Caracterização da pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, aplicada e intervencionista, conforme a tipologia de Gil (2008) e Moraes e Galiuzzi (2007). É qualitativa porque busca compreender fenômenos educativos em profundidade, interpretando significados, atitudes e construções cognitivas emergentes do processo de aprendizagem. Possui caráter aplicado por visar à resolução de um problema concreto, a aprendizagem de conceitos de estequiometria, e natureza intervencionista por envolver a elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática estruturada como produto educacional.

O estudo assume ainda um caráter experimental didático, uma vez que envolve a elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática (SD) estruturada com base em metodologias ativas. Essa SD integrou casos de ensino, estações de aprendizagem e escape room, todos articulados a um mesmo eixo conceitual: o da estequiometria aplicada à área da saúde. Assim, a metodologia constituiu-se como um espaço de ação-reflexão-ação, em que o processo de investigação e de reconstrução conceitual foi vivenciado tanto pela professora-pesquisadora quanto pelos estudantes.

Essa perspectiva metodológica encontra sustentação teórica em três pilares:

- a) Piaget (1978), que fundamenta a criação de situações de desequilíbrio cognitivo como propulsoras da aprendizagem;
- b) Bachelard (1996), que defende o erro como elemento formador e necessário à ruptura epistemológica; e
- c) Vygotsky (1984), que valoriza a mediação social e a interação discursiva como condições para o desenvolvimento cognitivo.

Esses fundamentos garantem a coerência epistemológica da pesquisa e sua aderência às atuais discussões sobre o ensino de Ciências.

3.2. Contexto da pesquisa

A intervenção pedagógica foi desenvolvida na Escola Estadual de Ensino Médio São Rafael, situada no município de Flores da Cunha (RS), com uma turma de segundo ano do Ensino Médio, pertencente à área de Linguagens e suas Tecnologias, conforme a organização curricular do Novo Ensino Médio estabelecida pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). Essa inserção curricular indica que os estudantes apresentam uma formação com maior ênfase em leitura, escrita, argumentação e interpretação de contextos socioculturais, o que caracteriza o grupo como interdisciplinar, ao articular conhecimentos das Ciências Humanas, da Matemática e das Ciências da Natureza. Nesse contexto, a adoção de metodologias investigativas e de casos de ensino mostrou-se adequada ao perfil da turma, favorecendo a integração entre linguagem científica, raciocínio lógico e aplicação dos conceitos de estequiometria ao cotidiano dos fármacos e medicamentos. Observou-se ainda que parte dos estudantes apresentava resistência inicial em relação aos conteúdos de Química e Matemática, áreas associadas a maior formalismo conceitual e raciocínio quantitativo, aspecto considerado no planejamento e na condução das atividades propostas. Participaram da pesquisa 27 estudantes, com idades entre 15 e 17 anos, organizados em grupos colaborativos, de modo a promover a aprendizagem cooperativa e o desenvolvimento de competências sociais e comunicativas.

A aplicação foi autorizada pela equipe diretiva da escola e seguiu os princípios éticos da pesquisa em educação. Os estudantes participantes foram informados sobre os objetivos e procedimentos da investigação, garantindo o caráter voluntário e a confidencialidade das informações coletadas.

A escolha desse contexto escolar deve-se à sua representatividade dentro da rede pública estadual e à diversidade sociocultural do corpo discente, composta por alunos de diferentes origens urbanas e rurais. Tal diversidade contribui para a riqueza interpretativa dos dados, uma vez que permite observar como distintos repertórios culturais influenciam as formas de apropriação dos conceitos científicos.

As atividades ocorreram ao longo de dez semanas letivas, totalizando 20 aulas de 50 minutos. As ações foram desenvolvidas tanto em sala de aula quanto no laboratório de Ciências, conforme o cronograma da sequência didática previamente estruturada.

3.3. Instrumentos de coleta de dados

A sequência didática (SD) foi concebida com o propósito de promover aprendizagem ativa, colaborativa e investigativa, fundamentada nos pressupostos do ensino por investigação (CARVALHO, 2013) e dos casos de ensino. As atividades foram planejadas de modo a integrar teoria e prática, estimulando o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências cognitivas e sociais. A metodologia adotada buscou promover o envolvimento dos estudantes com o conteúdo de estequiometria a partir da resolução de situações-problema contextualizadas no campo da saúde, estabelecendo relações diretas entre os conceitos químicos e sua aplicação na vida cotidiana.

O percurso metodológico foi estruturado em diferentes estratégias interdependentes, que compuseram tanto as etapas da sequência didática quanto os instrumentos de coleta de dados. O método Jigsaw (quebra-cabeça colaborativo) foi utilizado na etapa inicial, substituindo o questionário diagnóstico tradicional. Nessa dinâmica, a turma foi dividida em grupos de especialistas, e cada grupo ficou responsável por estudar um subtema da estequiometria, como o conceito de mol, o balanceamento de equações, as proporções químicas e as aplicações farmacêuticas. Posteriormente, os grupos foram reorganizados para o compartilhamento dos conhecimentos construídos, permitindo a socialização e a reconstrução coletiva das informações. Essa atividade foi essencial para estabelecer um ponto de partida comum e fortalecer a interação entre os estudantes.

Em continuidade, os alunos elaboraram mapas conceituais em dois momentos distintos: após a realização do Jigsaw e ao final da sequência, logo após o Escape Room. Esses mapas permitiram visualizar a evolução das conexões conceituais e a ampliação do entendimento sobre a estequiometria. Também foram realizadas atividades associativas e contextualizadas, nas quais os alunos aplicaram os conceitos estudados em situações práticas, como o preparo de soluções e a dosagem de medicamentos, fortalecendo o vínculo entre o conteúdo teórico e o cotidiano.

As estações de aprendizagem foram desenvolvidas em formato de “missões científicas”, nas quais os grupos de estudantes resolveram desafios teóricos e experimentais. Cada estação abordou aspectos distintos da estequiometria, mobilizando habilidades como cálculo, argumentação e tomada de decisão. As atividades em estações possibilitaram observar o raciocínio dos estudantes em diferentes níveis, promovendo o trabalho colaborativo e o pensamento crítico. Paralelamente, foram desenvolvidos casos de ensino inspirados em situações reais da área farmacêutica, como erros de dosagem, contaminação de medicamentos e controle de qualidade. Esses casos permitiram que os alunos se colocassem na posição de

investigadores, interpretando dados, discutindo hipóteses e construindo explicações baseadas em evidências.

Durante todas as etapas, a observação participante foi utilizada como instrumento de coleta de dados, com registros sistemáticos da professora-pesquisadora sobre o comportamento, as interações, o engajamento e a evolução conceitual dos alunos. Esse acompanhamento constante possibilitou identificar as dificuldades mais recorrentes, os momentos de conflito cognitivo e as estratégias de superação adotadas pelos grupos.

Como culminância, foi desenvolvido um Escape Room temático, que sintetizou os conteúdos abordados na sequência didática. Os grupos precisaram resolver enigmas e desafios baseados em proporções químicas e situações contextualizadas envolvendo fármacos e soluções. Essa atividade lúdica e interativa funcionou como uma avaliação processual, permitindo verificar a aplicação prática dos conhecimentos e o desenvolvimento da cooperação entre os participantes.

O papel da professora-pesquisadora foi essencial para garantir a mediação pedagógica ao longo da sequência. A atuação docente esteve centrada no diálogo, na escuta ativa e na proposição de situações que estimulassem a autonomia dos estudantes. As intenções pedagógicas que orientaram a ação do professor durante as atividades investigativas estão sintetizadas no Quadro 3, adaptado de Mortimer e Scott (2002), e foram aplicadas de forma contínua em todas as etapas da sequência didática.

Quadro 3: Intenções do professor na mediação investigativa

Intenções do Professor	Foco
Criando um problema	Engajar os estudantes intelectual e emocionalmente no desenvolvimento inicial da “estória científica”.
Explorando a visão dos estudantes	Elicitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre ideias e fenômenos específicos.
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”	Disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas	Dar suporte ao processo de internalização, incentivando a interação entre pares e o uso das novas ideias em atividades diversas.

Dar oportunidades aos estudantes para falar e pensar com as novas ideias	Promover momentos de troca em pequenos grupos e com toda a turma, possibilitando a produção de significados individuais e coletivos.
Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas	Estimular a expansão do uso das ideias científicas, transferindo progressivamente aos alunos o controle e a responsabilidade sobre seu uso.

Fonte: Autora (2025).

A presença dessas intenções pedagógicas assegurou a coerência entre o planejamento e a prática, fortalecendo a abordagem investigativa adotada. O professor deixou de ser o transmissor de informações para atuar como mediador do conhecimento, criando um ambiente que favoreceu o diálogo, a reflexão e a autonomia intelectual dos estudantes.

Todos os instrumentos foram validados internamente por meio de revisão entre docentes da área e ajustados durante a aplicação, com base nos feedbacks obtidos dos próprios alunos. Essa flexibilidade metodológica assegurou que a sequência didática permanecesse coerente com o contexto real da turma, sem comprometer o rigor científico.

A estrutura metodológica adotada expressa, portanto, a unidade entre teoria e prática: de Piaget, derivam as situações de desequilíbrio cognitivo que impulsionam a aprendizagem; de Bachelard, a valorização do erro como parte do processo formativo; de Vygotsky, a ênfase na mediação social e na linguagem como instrumentos do pensamento; e de Carvalho, a centralidade do ensino por investigação como meio para o desenvolvimento da autonomia intelectual.

Dessa forma, esta metodologia se configura como um sistema integrado de ensino, observação e análise, em que as estratégias de ensino e os instrumentos de coleta de dados convergem para o mesmo propósito: compreender e favorecer a construção do conhecimento químico a partir de práticas investigativas contextualizadas.

3.4. Técnicas de análise de dados

A análise dos dados obtidos ao longo da intervenção foi conduzida à luz da Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta por Moraes e Galiazzi (2011), por se tratar de um método interpretativo capaz de captar os sentidos emergentes nas produções discursivas, interações e registros reflexivos dos estudantes. Essa abordagem foi escolhida por permitir compreender como se constroem e se transformam os significados no decorrer das atividades investigativas, atendendo à natureza qualitativa e formativa desta pesquisa.

Os dados analisados compreenderam:

- as produções escritas e esquemáticas oriundas das atividades do método Jigsaw, dos casos de ensino e das estações de aprendizagem;
- os mapas conceituais elaborados pelos estudantes, comparados em dois momentos distintos (após o Jigsaw e após o Escape Room);
- e os registros oriundos da observação participante, que documentaram interações verbais, tomadas de decisão, reformulações conceituais e indícios de engajamento investigativo.

Essas fontes complementares permitiram construir um panorama abrangente da evolução cognitiva e atitudinal dos estudantes ao longo da sequência didática.

A Análise Textual Discursiva desenvolveu-se em três etapas interdependentes:

1. Unitarização – nesta fase, as produções dos alunos e os registros da pesquisadora foram fragmentados em unidades de significado, buscando identificar expressões e enunciados representativos de processos de aprendizagem, conflito cognitivo e mediação social.
2. Categorização – as unidades foram agrupadas em eixos temáticos que emergiram dos dados empíricos, organizados em quatro dimensões analíticas:
 - a) *compreensão conceitual da estequiometria*;
 - b) *interação e cooperação entre pares*;
 - c) *superação de obstáculos epistemológicos*;
 - d) *engajamento e protagonismo investigativo*.

Essas categorias foram constantemente confrontadas com o referencial teórico, de modo a assegurar coerência e validade interpretativa.

3. Construção do metatexto – etapa em que as interpretações foram sintetizadas em uma narrativa articulada, evidenciando as transformações observadas na aprendizagem e a relação entre os fundamentos teóricos e as práticas pedagógicas implementadas. O metatexto, portanto, não apenas descreve, mas argumenta e interpreta os fenômenos observados, conferindo densidade analítica e consistência científica à discussão dos resultados.

A opção pela ATD justifica-se pela sua natureza flexível, dialógica e hermenêutica, adequada a pesquisas que envolvem práticas pedagógicas inovadoras e dinâmicas coletivas de aprendizagem. Ao privilegiar a interpretação de sentidos, a ATD possibilitou compreender não apenas *o que* os alunos aprenderam, mas *como* esse aprendizado foi construído — seja por meio da argumentação no Jigsaw, da resolução de dilemas nos casos de ensino, ou das estratégias colaborativas emergentes nas estações e no Escape Room.

Por fim, a análise foi orientada pelo princípio da triangulação dos dados, confrontando evidências oriundas de diferentes instrumentos e contextos de observação. Esse procedimento conferiu robustez metodológica ao estudo, ao mesmo tempo em que reforçou a coerência entre teoria, prática e resultados, sustentando as interpretações apresentadas no capítulo de análise e discussão.

A seguir, são descritas as etapas que compuseram o percurso investigativo da pesquisa, detalhando os momentos de aplicação da sequência didática e as metodologias utilizadas em cada fase. As atividades foram planejadas de modo progressivo, integrando estratégias de ensino colaborativo, resolução de problemas e investigação científica.

3.5. Desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu ao longo da aplicação da sequência didática (SD), estruturada para promover o ensino investigativo da estequiometria em uma turma de segundo ano do Ensino Médio, na área de Linguagens e suas Tecnologias. Cada etapa foi planejada em diálogo com os referenciais teóricos que sustentam esta investigação, Piaget, Bachelard, Vygotsky e Carvalho, de modo que teoria e prática se mantivessem integradas ao longo de todo o processo.

A problematização inicial baseou-se no princípio piagetiano da equilíbrio, criando situações desafiadoras que provocaram desequilíbrio cognitivo e incentivaram os estudantes a mobilizar seus conhecimentos prévios. Essa etapa foi desenvolvida por meio do método Jigsaw, em que os alunos, divididos em grupos de especialistas, estudaram diferentes subtemas da estequiometria (conceito de mol, balanceamento, proporções químicas e aplicações farmacêuticas). Posteriormente, ao se reorganizarem em grupos mistos, compartilharam seus aprendizados, exercitando a comunicação científica e a cooperação entre pares. Essa dinâmica traduziu a perspectiva vygotskyana da aprendizagem como processo social e mediado pela linguagem, em que o conhecimento se constrói coletivamente.

Na sequência, os estudantes foram desafiados a resolver casos de ensino elaborados com base em situações reais do campo da saúde. Cada caso apresentava um problema contextualizado, como o erro de dosagem de medicamentos ou a contaminação de soluções farmacêuticas, que exigia do grupo a aplicação de conceitos estequiométricos e a tomada de decisões fundamentadas. A abordagem bachelardiana foi evidenciada nessa etapa: os erros conceituais emergentes foram tratados como parte legítima do processo de aprendizagem, funcionando como oportunidades para a reconstrução de saberes e o avanço intelectual.

O desenvolvimento da SD prosseguiu com as estações de aprendizagem, organizadas em formato de “missões científicas”. Cada estação propôs um desafio teórico ou experimental que exigia cálculo, interpretação e tomada de decisão colaborativa. As atividades foram elaboradas para articular teoria e prática, favorecendo a autonomia dos alunos e a consolidação de competências cognitivas e sociais. A observação participante da professora-pesquisadora, realizada em todas as aulas, registrou aspectos relevantes do engajamento, da cooperação entre pares e das estratégias utilizadas pelos grupos na resolução dos problemas propostos.

Como culminância, os estudantes participaram de um Escape Room temático, criado para integrar os conhecimentos construídos ao longo da sequência didática. Nessa atividade, cada enigma estava associado a uma situação contextualizada envolvendo medicamentos, proporções químicas ou soluções. A resolução dependia da aplicação correta dos conceitos de estequiometria e do trabalho colaborativo entre os membros do grupo. O caráter lúdico e desafiador do jogo favoreceu a motivação, a persistência e o fortalecimento do raciocínio científico, além de servir como instrumento avaliativo processual.

O conjunto dessas etapas evidenciou a coerência metodológica do trabalho, em que os referenciais teóricos se traduziram em práticas concretas de ensino investigativo. Piaget esteve presente nas situações de desequilíbrio e reconstrução cognitiva; Bachelard, na valorização do erro como parte da aprendizagem; Vygotsky, na mediação e cooperação entre pares; e Carvalho, na organização da sequência didática segundo o ciclo investigativo (problematização, hipótese, experimentação e síntese).

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, observou-se a evolução conceitual e argumentativa dos estudantes, manifestada nas discussões, nas produções escritas e nas atividades práticas. A análise dessas evidências será detalhada no capítulo seguinte, voltado à interpretação dos resultados à luz da Análise Textual Discursiva e dos referenciais teóricos que fundamentam este estudo.

Em síntese, a metodologia adotada buscou articular o referencial teórico com práticas investigativas, favorecendo a observação, a análise e a compreensão dos processos de aprendizagem em situações reais de ensino. O próximo capítulo apresenta os resultados e as discussões decorrentes da aplicação da sequência didática *Missão Estequiometria*, evidenciando as manifestações do pensamento científico dos estudantes e os indícios de aprendizagem significativa observados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos com a aplicação da sequência didática *Missão Estequiometria*, estruturada em sete etapas investigativas. A análise é de natureza qualitativa e interpretativa, fundamentada nos referenciais teóricos de Piaget, Vygotsky e Bachelard, articulados à perspectiva do ensino por investigação. As evidências empíricas foram obtidas por meio de observações, registros escritos, interações discursivas e produções dos estudantes. A interpretação dos dados seguiu os procedimentos da Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007), buscando identificar indícios de aprendizagem significativa, superação de obstáculos epistemológicos e desenvolvimento de competências investigativas.

A presente seção apresenta e analisa os resultados obtidos com a aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI, desenvolvida ao longo de 10 encontros com uma turma de 2º ano do Ensino Médio. O propósito desta etapa da pesquisa foi compreender de que forma metodologias de aprendizagem ativas, como o ensino por investigação, o uso de casos de ensino e estratégias lúdicas, poderiam favorecer a aprendizagem de conceitos de estequiometria em contextos relacionados à saúde.

Os dados discutidos resultam de múltiplos instrumentos de coleta, tais como observações dos participantes, produções escritas, registros de atividades em grupo e interações discursivas entre os estudantes. A análise prioriza uma abordagem qualitativa, buscando identificar padrões de compreensão, dificuldades recorrentes, avanços conceituais e indícios de engajamento e protagonismo discente.

Além de descrever as evidências observadas, esta seção estabelece um diálogo entre os resultados empíricos e o referencial teórico adotado, que articula a epistemologia genética de Piaget (2007), a epistemologia da ruptura de Bachelard (1996) e a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky (2007), bem como as metodologias de ensino por investigação (Carvalho, 2013; Freire, 1996).

Nesse sentido, Piaget (2007) contribui para compreender o processo de reorganização das estruturas cognitivas, em que o sujeito constrói ativamente o conhecimento por meio da equilibrção progressiva e da interação com o meio. Bachelard (1996), por sua vez, oferece a base epistemológica para interpretar as rupturas com o senso comum e a superação dos obstáculos epistemológicos que emergem durante o aprendizado da Química, marcados por erros, reformulações e reconstruções conceituais. Já Vygotsky (2007) fundamenta a análise das

interações entre os estudantes, ressaltando o papel da mediação social, da linguagem e da cooperação na constituição do pensamento científico e no avanço da aprendizagem significativa.

Dessa forma, os resultados não são apresentados de modo descritivo apenas, mas analisados à luz de conceitos que permitem compreender como os alunos enfrentaram obstáculos epistemológicos, reorganizaram suas estruturas cognitivas e mobilizaram a linguagem científica em situações de colaboração e problematização. Assim, os resultados apresentados a seguir estão organizados de forma cronológica, destacando cada encontro da intervenção.

4.1 Encontro 1 – Jigsaw: Construindo as bases do conhecimento coletivo

O primeiro encontro da SEI, intitulado *Missão Estequiometria*, teve como propósito introduzir o tema das reações químicas e levantar os conhecimentos prévios dos estudantes de forma ativa e colaborativa. Inicialmente, previa-se a utilização de um questionário diagnóstico como instrumento de levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. Contudo, em função da limitação de tempo disponível para a intervenção pedagógica e da necessidade de assegurar maior coerência com a proposta investigativa da pesquisa, optou-se pela substituição desse instrumento pelo método Jigsaw, proposto por Aronson (1978). Essa escolha fundamentou-se no caráter dinâmico da metodologia, bem como em seu potencial para promover a aprendizagem cooperativa, a interdependência positiva entre os estudantes e a construção coletiva do conhecimento, aspectos alinhados aos objetivos formativos e investigativos do estudo.

Esta primeira etapa teve como objetivo promover a integração conceitual entre os estudantes por meio da colaboração e da interdependência positiva, características do método Jigsaw. A proposta buscou desenvolver a autonomia investigativa, o protagonismo e a capacidade de argumentação científica, em consonância com os princípios vygotskyanos de mediação social e aprendizagem compartilhada.

A atividade foi realizada como um jogo investigativo em que os alunos precisavam articular saberes prévios, trocar informações e construir coletivamente explicações sobre o funcionamento das reações químicas. Essa escolha metodológica favoreceu a mobilização cognitiva dos estudantes, evidenciada pelo diálogo estabelecido entre os participantes, pelo confronto de ideias e pela explicitação das concepções iniciais ao longo das atividades. Tais aspectos contribuíram para a constituição de um ambiente investigativo e de mediação social,

em consonância com os pressupostos teóricos de Piaget (1978), Bachelard (1996) e Vygotsky (1984), conforme descrito no Apêndice C.

A turma foi dividida em quatro grupos de sete integrantes, cada um responsável por um tipo fundamental de reação química: adição, decomposição, simples troca e dupla troca. Cada grupo recebeu um conjunto de placas representando cátions, ânions, elementos e substâncias químicas. A tarefa consistia em combinar as placas para formar fórmulas corretas e, a partir delas, montar reações químicas que deveriam ser posteriormente classificadas. Essa proposta, aparentemente lúdica, teve uma intencionalidade pedagógica: provocar desequilíbrios cognitivos (Piaget, 1978) e criar oportunidades para que o erro emergisse como parte legítima e produtiva do processo de aprendizagem (Bachelard, 1996).

A dinâmica foi estruturada em quatro etapas adaptadas ao contexto químico. Na primeira, denominada grupo base, os alunos exploraram as placas e discutiram livremente o que sabiam sobre os símbolos e representações. Na segunda, formaram-se os grupos de especialistas, em que cada equipe aprofundou um conceito específico (cátions, ânions, elementos e substâncias), construindo coletivamente definições e registrando-as. Na terceira etapa, os grupos retornaram à configuração inicial e compartilharam seus aprendizados, tentando montar as reações químicas completas. Por fim, na socialização final, os estudantes apresentaram suas conclusões e justificativas, enquanto a professora-pesquisadora mediava o diálogo e instigava reflexões sobre as diferenças conceituais que emergiam entre os grupos.

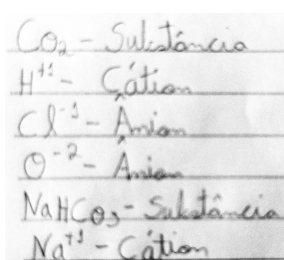
Durante a atividade, observou-se participação ativa dos estudantes na análise das cartas conceituais e na construção coletiva das reações químicas. Esse envolvimento foi evidenciado pelo diálogo entre os integrantes dos grupos, pela proposição de hipóteses e pela reformulação de ideias ao longo das discussões, indicando um processo de mobilização cognitiva e cooperação entre pares. O Grupo 1 (Adição) apresentou anotações adequadas sobre elementos e íons, mas teve dificuldade em montar a reação e classificá-la corretamente. O Grupo 2 (Decomposição) demonstrou confusão conceitual entre substâncias e íons, embora tenha conseguido reconhecer o tipo de reação. O Grupo 3 (Simples Troca) recordou alguns conteúdos anteriores, como os símbolos de cobre e zinco, mas apresentou equívocos na escrita das fórmulas e na representação das cargas. Já o Grupo 4 (Dupla Troca) mostrou maior organização e clareza, classificando corretamente as placas e elaborando definições concisas, embora ainda não conseguisse formular a equação completa.

As concepções iniciais identificadas nessa etapa, ilustradas na Figura 1, revelaram que os estudantes associavam equivocadamente a proporcionalidade entre reagentes e produtos apenas

à massa e ao volume, sem considerar a razão molar das equações químicas. Também foi recorrente a compreensão limitada do conceito de mol como simples unidade numérica, sem vinculação ao significado físico-químico. Observa-se que os estudantes reconheciam parcialmente o papel de cátions e ânions, utilizando expressões como “ H^+ – cátion” e “ O^{2-} – ânion”, mas apresentavam dificuldade em compreender o significado das cargas, a conservação da massa e a estrutura simbólica das equações químicas. Em várias anotações, é possível notar tentativas de representação das reações por meio de equações incompletas, como “ $H_2O_2 \rightarrow H^+ + O^{2-} \rightarrow O_2$ ” ou “ $HgO \rightarrow Hg + O_2$ ”. Essas construções, ainda que incorretas do ponto de vista científico, representam etapas legítimas do raciocínio em construção e evidenciam o movimento de transição entre o conhecimento empírico e o conhecimento científico.

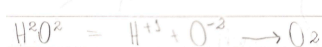
Sob a perspectiva piagetiana, o que se observou foi a manifestação de esquemas ainda em processo de equilíbrio. Os estudantes já possuíam algumas noções elementares sobre composição e transformação da matéria, mas careciam de coordenação entre os níveis simbólico e conceitual. O uso fragmentado de símbolos e fórmulas, sem uma articulação lógica entre reagentes e produtos, indica que muitos alunos ainda operavam em um estágio de raciocínio concreto, no qual as relações proporcionais e abstratas da estequiometria ainda não estavam consolidadas. Assim, a atividade cumpriu a função de provocar o desequilíbrio cognitivo necessário à reconstrução dos esquemas de pensamento, abrindo espaço para o desenvolvimento posterior da compreensão quantitativa das reações.

Já sob a ótica bachelardiana, os registros dos estudantes permitem identificar claramente a presença de obstáculos epistemológicos. O primeiro é o realismo nominal, expresso na confusão entre o símbolo químico e o objeto representado — os alunos tratavam “ CO_2 ” ou “ $NaHCO_3$ ” como substâncias dotadas de sentido apenas pelo nome, sem considerar sua composição ou papel na reação. Outro obstáculo recorrente foi o empirismo intuitivo, evidenciado na ideia de que “basta juntar reagentes” para obter um produto, desconsiderando as leis de conservação e as proporções químicas. Esses equívocos, longe de serem falhas, funcionaram como indicadores preciosos da estrutura de pensamento dos estudantes. De acordo com Bachelard (1996), é justamente ao reconhecer e problematizar esses erros que o ensino de ciências cumpre seu papel formativo, pois a aprendizagem científica implica romper com o senso comum e reconstruir modos de pensar.

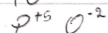
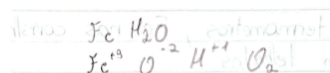


→ Montar a reação química.

→ É uma decomposição



→ Montagem de reações



Nós discutimos que são elementos da tabela periódica e acreditamos que Cu é cobre, SO é enxofre e Zn é zinco, mas aprendemos sobre carga negativa, aprendemos sobre distribuição de elétrons.

Cátions

São elementos pesados, nem todos são retirados da natureza, podem ser sólidos, líquidos, gases;

Definições:

Tabela Periódica: possui família, período e elementos (amêbar, melissas)

Cátions:

Ânions: São carga negativa

Elementos: Podem ser usados no dia a dia e são divididos em grupos como são:

ânions, cátions, substâncias, cada elemento tem sua sigla

Reações químicas:

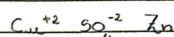


Figura 1: Registros dos estudantes durante a aplicação do método Jigsaw

Fonte: Autora (2025).

Nessa direção, o encontro revelou o papel fundamental do erro como motor do pensamento. Ao tentar “montar reações”, os alunos se depararam com contradições entre suas concepções e os resultados obtidos, vivenciando o que Piaget denomina de conflito cognitivo. Esse conflito, longe de causar frustração, foi acolhido pelo grupo como parte da experiência investigativa, o que se deveu em grande parte à mediação da professora-pesquisadora, que valorizou o raciocínio dos estudantes e os incentivou a justificar suas hipóteses. Essa mediação intencional, ancorada nos princípios vygotskyanos, permitiu que o espaço social da sala de aula se tornasse uma Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) ampliada, em que o conhecimento foi construído coletivamente por meio da linguagem e da interação entre pares.

A dinâmica do Jigsaw mostrou-se especialmente potente para promover esse processo. O trabalho em grupo estimulou a cooperação e a interdependência positiva: os alunos mais confiantes ajudavam os colegas a compreender a lógica das combinações químicas, explicando oralmente as etapas de raciocínio. Além disso, a atividade revelou aspectos relevantes da

linguagem científica em formação. Embora os estudantes já utilizassem termos como “reagente”, “produto” e “íons”, o faziam de modo não sistemático, demonstrando que a linguagem química ainda era para eles um código em processo de apropriação cultural. Ao propor uma tarefa que exigia o uso ativo dessa linguagem, a sequência criou oportunidades concretas para que os alunos experimentassem o discurso científico como ferramenta de pensamento, e não apenas como vocabulário a ser memorizado.

Do ponto de vista afetivo e motivacional, o encontro também apresentou resultados expressivos. Os estudantes envolveram-se ativamente na proposta, evidenciado pela participação nas discussões, pela formulação de hipóteses e pela busca de estratégias para compreender e realizar o desafio proposto de “fazer a reação acontecer”, revelando que a abordagem lúdica contribuiu para o engajamento. Mesmo diante das dificuldades, o grupo manteve o interesse e o envolvimento, evidenciando uma postura investigativa em construção. Essa dimensão do engajamento é essencial, pois, conforme defende Carvalho (2013), o ensino por investigação só se concretiza quando o aluno se vê implicado no problema e reconhece sentido no processo de busca por respostas.

De modo geral, o Encontro 1 cumpriu papel fundamental como etapa de mobilização cognitiva e diagnóstico investigativo. As observações indicam que os estudantes apresentavam conhecimentos prévios fragmentados, evidenciados pelos registros iniciais apresentados na Figura 1, nos quais se observam associações parciais entre os conceitos de massa, mol e volume, bem como dificuldades na articulação dessas grandezas em uma estrutura conceitual integrada. As principais dificuldades envolveram a distinção entre reagentes e produtos, o entendimento das cargas iônicas e a estrutura simbólica das equações químicas. Ainda assim, a atividade revelou avanços iniciais: os alunos foram capazes de reconhecer categorias fundamentais (cátions, ânions, substâncias), mobilizar experiências anteriores e participar de discussões com base em argumentos próprios.

Do ponto de vista teórico, esse primeiro encontro sintetiza a articulação entre os três pilares que sustentam esta pesquisa: a construção ativa do conhecimento (Piaget), a valorização do erro como etapa formadora (Bachelard) e a mediação social da aprendizagem (Vygotsky). Ao transformar o diagnóstico em uma experiência coletiva de investigação, o Jigsaw possibilitou que o conhecimento deixasse de ser um conjunto de informações transmitidas e passasse a ser um processo de negociação, reflexão e reconstrução compartilhada.

Assim, o Encontro 1 – Missão Estequiometria constituiu o alicerce conceitual de toda a sequência didática. Foi nesse momento que os alunos começaram a se perceber como

participantes ativos de uma comunidade de investigação, aprendendo não apenas a “resolver reações”, mas a pensar quimicamente sobre o mundo. A partir dos erros, das tentativas e dos debates coletivos, emergiu o terreno fértil sobre o qual se construiriam, nos encontros seguintes, as compreensões mais complexas sobre proporção, mol e conservação da massa — fundamentos centrais para a aprendizagem significativa da estequiometria.

As análises realizadas a partir das anotações e interações dos grupos permitiram identificar regularidades nas concepções dos estudantes e nas formas de mediação estabelecidas durante a atividade. Essas regularidades foram interpretadas à luz dos referenciais teóricos que sustentam esta pesquisa, possibilitando compreender como o conhecimento químico começou a se estruturar nesse primeiro momento da sequência didática. Para sintetizar essa relação entre evidências empíricas, interpretação teórica e implicações didáticas, apresenta-se a seguir o Quadro 4, que resume os principais resultados do Encontro 1.

Quadro 4 – Evidências empíricas, interpretação teórica e implicações didáticas (Encontro 1)

Evidência empírica	Interpretação teórica	Implicação didática
Estudantes classificam corretamente “ H^+ = cátion” e “ O^{2-} = ânion”, mas não compreendem o papel dessas espécies na reação.	Indica assimilação parcial de rótulos conceituais, sem coordenação operatória (Piaget, 1978).	Necessidade de atividades que articulem o simbólico e o conceitual — por exemplo, da representação iônica à equação balanceada.
Equações incompletas (“ $H_2O_2 \rightarrow H^+ + O^{2-} \rightarrow O_2$ ”) e tentativas sem conservação de massa.	Obstáculo epistemológico de tipo “empirismo intuitivo” (Bachelard, 1996); confusão entre fenômeno e modelo.	Planejar intervenções que explicitem leis de conservação e a função dos coeficientes estequiométricos.
Alunos verbalizam e justificam suas hipóteses em grupo, mesmo quando incorretas.	Aprendizagem mediada na Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 1984); socialização como gatilho para internalização.	Incentivar interações discursivas e registros coletivos de raciocínio durante as próximas missões.
Entusiasmo e engajamento durante a manipulação das placas e montagem das reações.	Mobilização afetiva e cognitiva que sustenta a problematização investigativa (Carvalho, 2013).	Manter elementos lúdicos e desafiadores nas próximas etapas, garantindo continuidade da motivação investigativa.

Fonte: Autora (2025).

A análise dos registros indica que os estudantes avançaram na compreensão das relações entre conceitos químicos fundamentais e suas representações simbólicas, demonstrando progressiva capacidade de reconstruir o conhecimento por meio do diálogo e da cooperação. Tais evidências corroboram a perspectiva piagetiana da equilibração progressiva e a concepção vygotskyana de aprendizagem como processo mediado pela interação social.

4.2 Encontro 2 – Mapa Conceitual: organizando ideias e conexões

O segundo encontro da sequência didática teve como foco a construção de mapas conceituais sobre o tema da estequiometria e suas relações com a área da saúde. Essa atividade teve dupla função: identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e promover a organização visual e hierárquica das ideias, favorecendo a tomada de consciência sobre as relações entre os principais conceitos químicos. Conforme defendem Novak e Gowin (1984), o mapa conceitual constitui uma ferramenta metacognitiva que permite ao aluno refletir sobre o próprio pensamento, explicitando as conexões entre conceitos e revelando tanto avanços quanto lacunas na estrutura cognitiva.

A proposta foi desenvolvida coletivamente, com a mediação da professora-pesquisadora, que orientou os grupos a identificar palavras-chave relacionadas à massa, mol e volume, construindo setas e proposições que expressassem as relações entre elas. A avaliação dos mapas conceituais foi orientada por uma rubrica previamente definida, construída com o objetivo de analisar tanto a organização conceitual quanto a clareza das relações estabelecidas pelos estudantes. A rubrica contemplou os seguintes critérios: (i) conceitos utilizados, considerando a clareza, a relevância, a hierarquia e a abrangência dos conceitos apresentados; (ii) palavras de ligação, essenciais para a articulação coerente entre os conceitos; (iii) representatividade dos conteúdos, verificando se os conceitos fundamentais estavam presentes e devidamente valorizados; (iv) criatividade, relacionada à originalidade da organização do mapa e à clareza da apresentação visual; e (v) uso de elementos gráficos, como setas, círculos, quadrados e linhas, empregados como recursos visuais para estruturar e explicitar as relações conceituais.

A Figura 2 apresenta alguns mapas conceituais produzidos pelos grupos, no qual se observam as primeiras tentativas de organizar graficamente as relações entre massa, mol e volume, articuladas à ideia de balanceamento químico. A rubrica utilizada encontra-se descrita no Apêndice B.

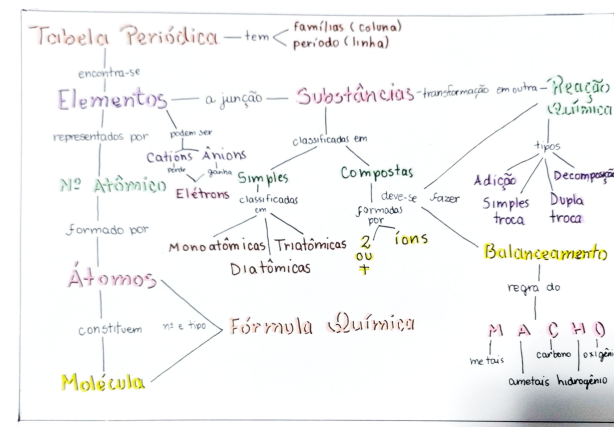
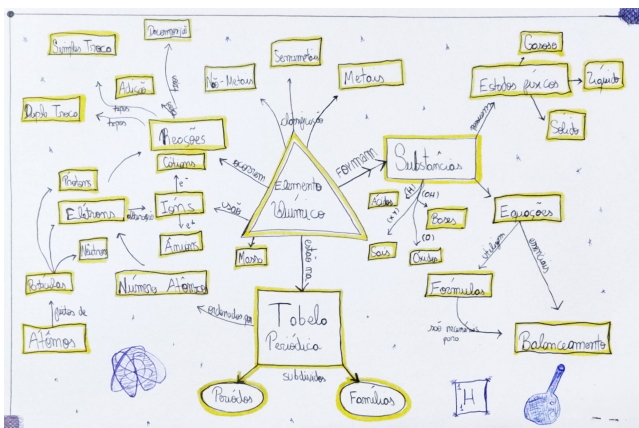
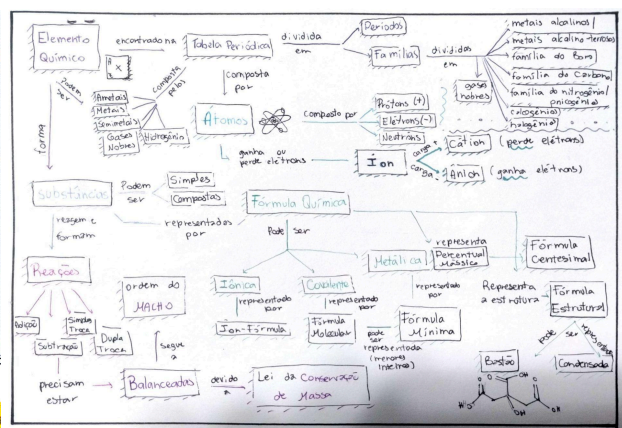
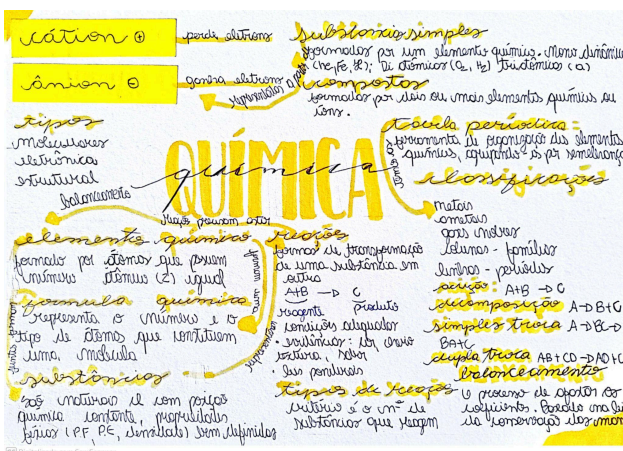
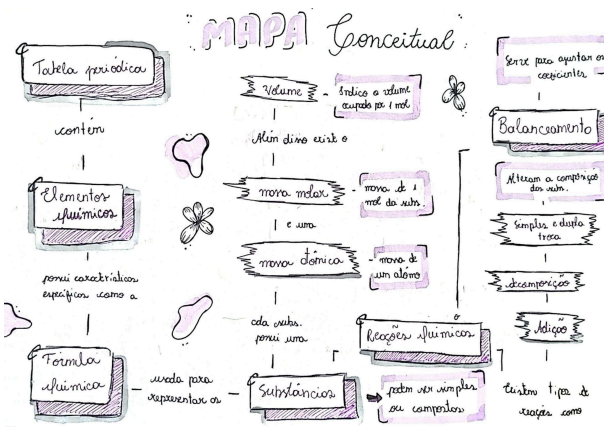


Figura 2: Produção de mapas conceituais representando as relações entre massa, mol e volume antes das atividades investigativas.

Fonte: Autora (2025).

Durante a elaboração dos mapas, emergiram concepções alternativas e obstáculos epistemológicos amplamente discutidos por Bachelard (1996), como a noção de proporcionalidade linear entre reagentes e produtos, expressa em frases como “aumentar reagente aumenta produto”. Essa ideia, que traduz uma leitura intuitiva da causalidade química,

evidencia o obstáculo do empirismo quantitativo, em que o estudante projeta sobre o fenômeno químico uma lógica puramente sensorial, sem recorrer aos modelos abstratos que fundamentam o raciocínio estequiométrico.

No entanto, a atividade revelou também indícios claros de equilibração progressiva (Piaget, 1978). À medida que os grupos discutiam e reorganizavam seus mapas, observou-se um movimento de assimilação e acomodação: novos conceitos eram incorporados e integrados a esquemas anteriores, originando representações mais complexas e coerentes. A mediação docente foi decisiva nesse processo, pois as intervenções, perguntas e provocações promoveram o desequilíbrio cognitivo necessário para a reconstrução conceitual.

A interação verbal durante a construção coletiva dos mapas foi um ponto alto do encontro. Os estudantes, ao negociar o sentido das palavras-chave e justificar a disposição dos conceitos, mobilizaram a linguagem como instrumento de pensamento, conforme postula Vygotsky (1984). A fala, nesse contexto, deixou de ser mero recurso comunicativo e passou a operar como ferramenta mediadora da aprendizagem, permitindo que o raciocínio químico se estruturasse socialmente antes de se interiorizar. Essa dimensão dialógica confirma o caráter social da aprendizagem, uma vez que as ideias individuais foram reelaboradas no confronto com as explicações dos pares e com a mediação intencional da professora-pesquisadora. O exercício também demonstrou o valor formativo do erro. As conexões inicialmente incoerentes entre conceitos, como “massa \rightarrow quantidade de produto” ou “mol \rightarrow peso da substância”, serviram de ponto de partida para o questionamento e a reflexão coletiva. Em vez de corrigir imediatamente as construções equivocadas, a docente incentivou a análise e a justificativa dos vínculos estabelecidos, valorizando o processo reflexivo de reconstrução do conhecimento — uma postura que se alinha à visão bachelardiana do erro como motor do pensamento científico.

Ao final da atividade, os estudantes relataram que a elaboração dos mapas conceituais contribuiu para a compreensão das relações entre os conceitos trabalhados. Essa percepção foi evidenciada, por exemplo, nas produções da turma, nas quais os mapas finais apresentaram maior integração entre os conceitos de massa, mol e volume, em contraste com os registros iniciais, que se mostravam fragmentados e pouco articulados, e permitiu visualizar de maneira mais clara a estrutura lógica da estequiometria. A comparação entre os registros iniciais dos estudantes e os mapas conceituais elaborados ao final da atividade permitiu identificar avanços na organização e na articulação dos conceitos trabalhados evidenciou avanços significativos na organização conceitual, com o surgimento de proposições mais precisas e de conexões hierárquicas coerentes, como “massa \rightarrow cálculo da quantidade de mol \rightarrow relação entre reagentes e produtos”. Assim, o mapa conceitual consolidou-se como um instrumento não apenas

diagnóstico, mas também formativo, pois permitiu aos estudantes reconhecer seus próprios modos de pensar e acompanhar a evolução de suas ideias. Sob o olhar piagetiano, o encontro representou um momento de reorganização cognitiva; sob a perspectiva vygotskyana, configurou-se como espaço de mediação social e discursiva; e, na visão bachelardiana, esse processo constituiu um episódio de superação de obstáculos epistemológicos pela via da reflexão guiada, evidenciado, por exemplo, pela correção conceitual observada nos registros finais dos estudantes. Esse movimento de reorganização conceitual pode ser interpretado como um processo de superação de obstáculos epistemológicos, especialmente quando se observa a diferenciação, apresentada na Figura 1, do termo “SO”, inicialmente entendido como sódio, e posteriormente reconhecido como o símbolo químico correto “Na”. De modo geral, o Encontro 2 evidenciou que a aprendizagem científica não se limita à aquisição de novos conceitos, mas envolve um processo de reconstrução simbólica e linguística. Os mapas, ao materializarem graficamente o pensamento dos estudantes, tornaram visível o movimento interno da aprendizagem, contribuindo para o fortalecimento da autonomia cognitiva e para a consolidação da linguagem química como forma de pensar o mundo.

4.3 Encontro 3 – A Colmeia Estequiométrica como estratégia de sistematização dos cálculos químicos

O terceiro encontro foi marcado pela construção da Colmeia Estequiométrica, conforme apresentado no Apêndice D, a Colmeia Estequiométrica foi utilizada como organizador conceitual para orientar a resolução dos problemas quantitativos e promover a integração entre as grandezas químicas e matemáticas, uma dinâmica inicialmente realizada de forma individual e, em seguida, discutida coletivamente. O objetivo principal era desafiar os estudantes a organizar logicamente os procedimentos necessários à resolução de problemas estequiométricos, transformando o cálculo em um processo de raciocínio estruturado e compreensível.

A Figura 3 apresenta uma das colmeias produzidas pelos alunos, representação visual que sintetiza as conexões entre os conceitos de massa, mol, volume e partículas, reforçando a organização lógica e hierárquica do conhecimento químico.

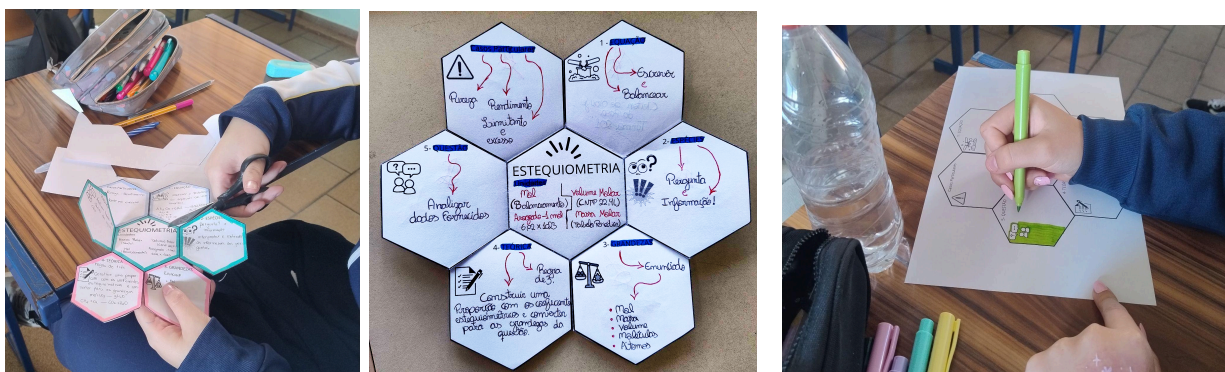


Figura 3: Construção da colmeia estequiométrica, representando graficamente as conexões entre os conceitos de massa, mol, volume e partículas.

Fonte: *Autora (2025)*.

A atividade foi estruturada em cinco critérios fundamentais, que funcionaram como etapas de um roteiro didático:

1. **Equação** – escrita correta da reação e seu balanceamento;
2. **Espécies** – identificação da pergunta central do problema e relação com as informações fornecidas;
3. **Grandezas** – reconhecimento das grandezas envolvidas no enunciado, verificando possíveis conversões de unidades;
4. **Teórica** – elaboração de uma proporção baseada nos coeficientes estequiométricos;
5. **Questão** – releitura crítica do enunciado e análise da coerência entre os dados e a solução obtida.

Essa estrutura funcionou como um roteiro cognitivo, oferecendo aos estudantes um caminho lógico para enfrentar cálculos tradicionalmente percebidos como complexos. Mais do que executar algoritmos, eles foram levados a compreender a lógica interna das reações químicas, reconhecendo a importância da conservação da massa e da relação molar entre reagentes e produtos.

Sob a perspectiva piagetiana, a Colmeia Estequiométrica pode ser interpretada como um instrumento de equilíbrio progressiva: cada célula representa um esquema cognitivo que se conecta a outro, promovendo uma coordenação sucessiva entre o empírico e o formal. À medida que o estudante avança pelas etapas da colmeia, passa de um raciocínio aritmético isolado para uma estrutura operacional integrada, em que o pensamento proporcional, a abstração e a reversibilidade tornam-se evidentes.

Do ponto de vista vygotskyano, o processo foi fortemente mediado pela linguagem. Termos como *massa molar*, *coeficiente estequiométrico* e *balanceamento* começaram a surgir de

modo espontâneo nas respostas escritas e orais, indicando não apenas domínio terminológico, mas também internalização da linguagem científica. Como afirmam Mortimer e Scott (2002), o aprendizado de Ciências ocorre por meio de interações discursivas que conduzem o aluno da fala cotidiana ao discurso científico. Assim, a discussão coletiva após a montagem individual das colmeias configurou-se como um momento privilegiado de negociação de significados, em que a linguagem foi usada para construir entendimento compartilhado.

Já sob o olhar bachelardiano, a Colmeia Estequiométrica transformou-se em um espaço simbólico de ruptura epistemológica. Os erros iniciais — como inversão de proporções, confusão entre reagentes e produtos ou uso inadequado dos coeficientes — foram convertidos em oportunidades formativas. A repetição guiada das etapas e a reflexão sobre as inconsistências permitiram que o erro fosse compreendido como condição necessária à superação conceitual, corroborando a visão de que o pensamento científico se constrói por meio da retificação constante das ideias.

Além do ganho conceitual, a atividade evidenciou avanços na autonomia dos estudantes, observados na resolução independente de problemas e na escolha consciente de estratégias de cálculo, sem solicitação imediata de intervenção docente. Esse avanço também se refletiu na maior clareza das justificativas apresentadas, uma vez que os estudantes passaram a explicitar, de forma oral e escrita, os procedimentos adotados, utilizando relações estequiométricas e argumentos matemáticos para sustentar suas respostas. Essa mudança de postura reflete a passagem de um comportamento reprodutivo para um comportamento reflexivo, no qual a compreensão precede a execução.

Quando retomada em encontros posteriores, a Colmeia consolidou-se como um instrumento de sistematização recorrente. Muitos alunos passaram a utilizá-la espontaneamente como roteiro pessoal de raciocínio, o que evidencia um grau elevado de apropriação da estratégia e de internalização do método de resolução. Esse resultado confirma que a aprendizagem da estequiometria se torna mais significativa quando apoiada em recursos visuais e procedimentais capazes de aliar clareza conceitual, lógica e aplicabilidade.

De modo geral, o Encontro 3 destacou-se por integrar pensamento conceitual, linguagem e procedimento. A Colmeia Estequiométrica mostrou-se uma estratégia potente não apenas por favorecer a compreensão dos conceitos fundamentais, mas também por promover o desenvolvimento da autonomia cognitiva e o encantamento pelo raciocínio químico. Ao transformar um conteúdo tradicionalmente visto como abstrato e difícil em um desafio estruturado e acessível, a atividade demonstrou, de forma concreta, como o ensino de

estequiometria pode ser ressignificado em direção a uma aprendizagem mais lógica, crítica e motivadora.

4.4 Encontro 4 – Exemplos associativos: aplicando a colmeia estequiométrica em duplas

O quarto encontro teve como foco a aplicação prática dos conhecimentos sistematizados na Colmeia Estequiométrica, elaborada no encontro anterior. Nesta etapa, buscou-se verificar até que ponto os estudantes seriam capazes de mobilizar com autonomia os cinco critérios do roteiro cognitivo (equação, espécies, grandezas, proporção teórica e revisão da questão) em situações contextualizadas. Para isso, os alunos trabalharam em duplas, resolvendo exemplos associativos de problemas estequiométricos relacionados à área da saúde — como o cálculo de dosagens medicamentosas, a preparação de soluções intravenosas e a determinação de volumes gasosos em processos respiratórios. Essa contextualização retomou o princípio da aprendizagem significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2011), ao conectar o conteúdo químico a fenômenos concretos e socialmente relevantes, favorecendo o engajamento e a transferência do conhecimento para novas situações.

A atividade revelou-se desafiadora e formativa. Ao mesmo tempo em que possibilitou a aplicação autônoma da Colmeia, evidenciou fragilidades conceituais ainda presentes, especialmente na interpretação simbólica das equações químicas. Muitos alunos demonstraram compreender as etapas procedimentais, mas apresentaram incertezas ao traduzir o raciocínio matemático em linguagem simbólica, particularmente na identificação das relações molares e na correspondência entre reagentes e produtos. Essa dificuldade confirma as observações de Schembri (2013) e Mortimer (1996), que apontam a dimensão simbólica como uma das maiores barreiras no aprendizado da estequiometria, por exigir do estudante a transição entre os diferentes níveis de representação: o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico (Johnstone, 1991).

Apesar dessas limitações, o envolvimento dos estudantes foi notável. As discussões em duplas favoreceram o exercício da argumentação científica e da escuta ativa, conduzindo os alunos a explicitar seus raciocínios e negociar significados. Conforme defendem Mortimer e Scott (2002), a aprendizagem em Ciências ocorre por meio da linguagem — é na tentativa de comunicar ideias, justificar decisões e responder às perguntas dos colegas que o pensamento científico se estrutura e se refina. Essa interação foi visivelmente produtiva: expressões inicialmente vagas (“mistura mais reagente dá mais produto”) foram gradualmente substituídas

por explicações mais precisas (“a quantidade de produto depende da proporção molar entre os reagentes”).

A correção coletiva, conduzida pela professora-pesquisadora no quadro, constituiu um momento decisivo de mediação pedagógica. Ao revisitar cada exercício, a docente destacou erros recorrentes, discutiu suas origens e conduziu os estudantes a revisar seus procedimentos de cálculo. Essa prática reflete a atuação na Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 1984), em que a intervenção do professor serve de ponte entre o desempenho potencial e o desenvolvimento real. Nesse contexto, o erro deixou de ser visto como falha e passou a representar o ponto de partida para a reconstrução conceitual, conforme propõe Bachelard (1996) em sua epistemologia da ruptura.

Além do aspecto cognitivo, a atividade promoveu também competências sociointeracionais, como cooperação, responsabilidade e pensamento coletivo. Trabalhar em duplas exigiu que os estudantes justificassem suas respostas e tomassem decisões compartilhadas, processo que, segundo Driver, Newton e Osborne (2000), é essencial para o desenvolvimento da argumentação científica escolar. A necessidade de defender ideias, reformular explicações e considerar perspectivas diferentes estimulou o raciocínio cognitivo e fortaleceu a confiança dos alunos em relação ao conteúdo químico.

Outro ponto de destaque foi a transferência gradual do controle da aprendizagem, característica típica das metodologias ativas (SASSERON; CARVALHO, 2011). O professor deixou de ser o centro do processo para atuar como mediador e provocador do pensamento, enquanto os estudantes assumiram a responsabilidade por monitorar seus próprios procedimentos e resultados. Essa autonomia emergente é um indicador relevante de aprendizagem significativa, pois, como afirma Moreira (2011), compreender um conceito implica poder utilizá-lo de forma independente e flexível em contextos variados.

Em síntese, os exemplos associativos funcionaram como um teste prático e formativo da Colmeia Estequiométrica, permitindo verificar avanços reais na estruturação do raciocínio lógico e na precisão do discurso científico. Apesar das dificuldades persistentes na dimensão simbólica, os estudantes demonstraram maior capacidade de aplicar o raciocínio estequiométrico de forma coerente e consciente. A Figura 4 ilustra o momento inicial de resolução individual das atividades, etapa em que os estudantes organizaram suas ideias e registraram estratégias próprias para a solução dos problemas propostos. Posteriormente, esses registros foram socializados e discutidos em duplas, favorecendo o diálogo, a confrontação de ideias e a reflexão coletiva que caracterizaram o encontro.

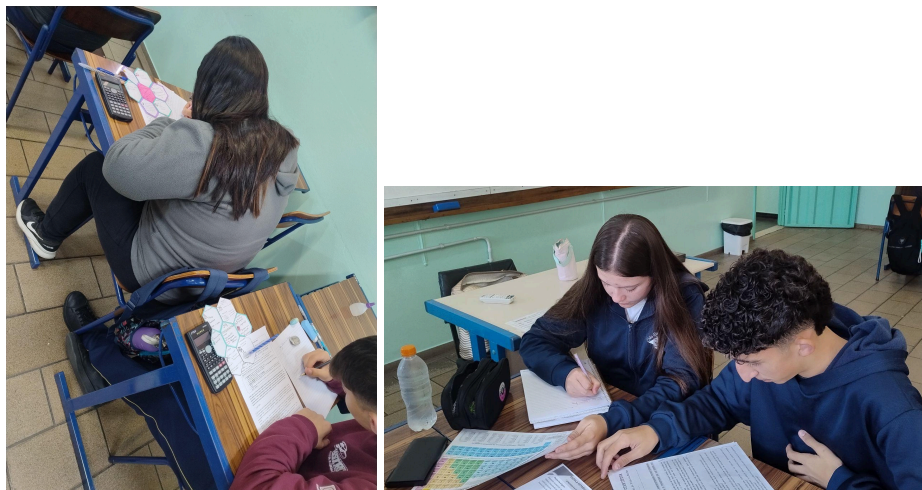


Figura 4: Alunos resolvendo os exemplos associativos para discussão dos resultados.
Fonte: *Autora (2025)*.

O Encontro 4 consolidou a transição entre o aprender com apoio e o aprender com autonomia. A combinação entre rigor procedimental, mediação docente e trabalho colaborativo confirmou que a aprendizagem da estequiometria depende tanto do domínio técnico quanto da construção social do significado. Nesse sentido, a experiência vivenciada dialoga com a concepção de Carvalho (2013) de que ensinar por investigação é “criar situações que mobilizam o aluno a pensar, discutir e agir sobre o conhecimento científico”. Assim, a atividade reafirmou a potência das estratégias investigativas e colaborativas no ensino de Química, especialmente quando vinculadas a contextos reais, como os da área da saúde, e mediadas por instrumentos didáticos estruturadores, como a Colmeia Estequiométrica. Ao final, os estudantes demonstraram não apenas progresso conceitual, mas também o desenvolvimento de uma postura científica: questionadora, crítica e capaz de refletir sobre o próprio processo de aprender.

4.5 Encontro 5 – Estações de aprendizagem: superando dificuldades e ampliando desafios conceituais

As estações de aprendizagem foram estruturadas como espaços de experimentação e resolução de desafios, organizados em rotação entre grupos. Essa dinâmica possibilitou aos estudantes vivenciarem diferentes perspectivas de análise de fenômenos químicos, ampliando o raciocínio proporcional e a percepção de variáveis interdependentes.

O quinto encontro deu continuidade ao trabalho com a Colmeia Estequiométrica, tendo como propósito aprofundar o raciocínio proporcional e sanar as dúvidas evidenciadas nas atividades anteriores. A proposta das Estações de Aprendizagem partiu de uma demanda dos

próprios estudantes, que solicitaram mais tempo e novas oportunidades para revisar e compreender os cálculos estequiométricos. Essa abertura ao diálogo com o grupo reflete uma prática coerente com a perspectiva freireana de ensino, em que o conhecimento é construído a partir das necessidades e inquietações dos sujeitos aprendentes (Freire, 1996). A Figura 5 ilustra o momento de realização das atividades, nas quais os alunos, distribuídos em estações, resolveram desafios teórico-experimentais integrando cálculo, argumentação e colaboração.



Figura 5: Grupos de alunos resolvendo desafios teórico-experimentais nas estações de aprendizagem da “Missão Estequiometria”.

Fonte: *Autora (2025)*.

Os estudantes foram organizados em grupos de quatro estudantes para trabalhar em sete estações. As tarefas foram planejadas de modo a apresentar graus crescentes de complexidade, respeitando o princípio piagetiano da equilibração progressiva (Piaget, 1978), segundo o qual o avanço cognitivo ocorre pela superação sucessiva de desafios que geram desequilíbrios produtivos. Cada estação retomava os cinco critérios da Colmeia Estequiométrica (equação, espécies, grandezas, proporção teórica e revisão da questão) e exigia sua aplicação articulada em situações contextualizadas.

O contexto local desempenhou papel central. As situações-problema abordavam temas do cotidiano da cidade de Flores da Cunha, conforme descrito no Apêndice E, como processos de vinificação, práticas agrícolas, produção de insumos e questões ambientais regionais. Esse enraizamento territorial aproximou o conteúdo da realidade dos estudantes e reforçou a concepção freireana de que o conhecimento deve emergir da leitura crítica do mundo vivido, transformando o conteúdo científico em instrumento de compreensão e intervenção social (FREIRE, 1996; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018).

A síntese dos resultados por estação permitiu identificar padrões relevantes no desempenho dos estudantes ao longo das atividades. Observou-se que alguns estudantes apresentaram acertos recorrentes em diferentes estações, indicando maior domínio das relações

quantitativas envolvidas, enquanto outros concentraram dificuldades específicas, especialmente em tarefas que exigiam a aplicação da regra de três e a interpretação de proporções estequiométricas. Esses resultados evidenciam que os erros não ocorreram de forma aleatória, mas estiveram associados a fragilidades conceituais e procedimentais em determinados campos da Matemática aplicada à Química, o que reforça a importância de estratégias didáticas que promovam a retomada e a articulação desses conhecimentos.

Síntese dos resultados por estação:

- **Estação 1 – Moléculas e mol:** a equação já estava balanceada e exigia distinguir dados de moléculas e mol para a regra de três. Dois grupos não resolveram (um sem tentativa e outro com dados incompletos); três resolveram parcialmente, interrompendo o cálculo; e dois concluíram corretamente.
- **Estação 2 – Massa e mol:** com equação balanceada, relacionava massa e mol. Três grupos não resolveram (um sem tentativa); um realizou parcialmente; e três concluíram com acerto, embora um grupo ainda tenha confundido mol de molécula.
- **Estação 3 – Identificação de compostos:** pedia relacionar massa e mol e reconhecer fórmulas químicas. Quatro grupos não resolveram (três com regra de três incompleta e um sem dados); três resolveram totalmente.
- **Estação 4 – Balanceamento e volume:** exigia balancear a equação e relacionar massa e volume. Dois grupos não resolveram (um sem tentativa e outro sem cálculo de massa); três resolveram parcialmente; e dois finalizaram com resposta correta.
- **Estação 5 – Seleção de dados relevantes:** o enunciado extenso pedia selecionar informações e relacionar massa e mol. Três grupos não resolveram (um sem tentativa e dois com dados iniciais); quatro concluíram, sendo três corretos e um com erro de conversão entre mol e moléculas.
- **Estação 6 – Identificação de dados pertinentes:** a equação não estava balanceada e trazia informações supérfluas de temperatura e pressão. Três grupos não resolveram (um sem tentativa e dois incompletos); um realizou parcialmente; e três resolveram com êxito.
- **Estação 7 – Questão contextualizada:** tratava-se de um problema prático que envolvia transformar miligramas em gramas antes de montar a regra de três. Cinco grupos não resolveram (um sem tentativa e quatro com dados parciais); dois resolveram parcialmente, sem concluir o cálculo; e nenhum grupo completou totalmente a questão.

A análise geral das produções revela que a principal dificuldade concentrou-se na transposição entre o nível simbólico e o matemático, especialmente nas conversões de unidades e na distinção entre mol, massa e número de moléculas. Essa dificuldade confirma o que apontam Johnstone (1991) e Taber (2001), ao descreverem a aprendizagem química como um movimento entre três níveis representacionais — macroscópico, submicroscópico e simbólico — cuja articulação é essencial para a compreensão profunda dos conceitos. Ainda assim, observou-se evolução no raciocínio proporcional e maior autonomia na aplicação dos passos da Colmeia Estequiométrica. Muitos grupos demonstraram compreender a sequência lógica dos cálculos, embora nem sempre conseguissem completá-los integralmente. O fator tempo disponível mostrou-se determinante: várias duplas apresentaram resoluções parcialmente corretas até a montagem da regra de três, mas não conseguiram concluir devido à limitação temporal. Esse dado reforça a necessidade de adequação do tempo de execução e de retomadas reflexivas que consolidem a aprendizagem procedimental.

O papel da mediação docente foi decisivo. Durante a circulação entre as estações, a professora-pesquisadora promoveu intervenções reflexivas, formulando perguntas orientadas à análise crítica e à autocompreensão dos erros: *“Por que esse reagente não foi totalmente consumido?”*, *“O que esse coeficiente representa na reação?”*. O docente, ao intervir no momento certo e com o nível adequado de desafio, cria as condições para a internalização do raciocínio científico. Esse movimento também reflete o pensamento de Bachelard (1996), para quem o erro é motor do progresso intelectual. As dificuldades enfrentadas pelos alunos, quando discutidas e analisadas, converteram-se em rupturas epistemológicas que impulsionaram a reconstrução conceitual. A ação docente, nesse contexto, assume um papel formador essencial: não é corrigir o erro, mas conduzir o aluno a pensar sobre ele, transformando o equívoco em oportunidade de aprendizagem.

Além dos ganhos conceituais, as estações promoveram cooperação, argumentação e protagonismo, aspectos ressaltados por Carvalho (2013) e Sasseron e Carvalho (2011) como fundamentais no ensino por investigação. A dinâmica em grupos favoreceu a interação discursiva, permitindo que os alunos construíssem e testassem hipóteses coletivamente, em um ambiente de diálogo e corresponsabilidade.

Em síntese, as Estações de Aprendizagem mostraram-se uma estratégia didática eficaz para diagnosticar, retomar e aprofundar conteúdos complexos, ao mesmo tempo em que promoveram a contextualização do conhecimento químico e o desenvolvimento do raciocínio proporcional. A combinação entre desafios graduados, mediação ativa e ancoragem no contexto local revelou o potencial da metodologia para tornar o ensino da estequiometria mais

significativo, dialógico e intelectualmente estimulante. O Encontro 5 marcou, portanto, a transição da fase de sistematização para o núcleo investigativo da sequência didática. Considerando os avanços obtidos e as dificuldades persistentes na representação simbólica, os encontros seguintes foram planejados para aprofundar o processo de investigação científica por meio de casos de ensino contextualizados na área da saúde, integrando raciocínio químico, ética e tomada de decisão fundamentada.

O formato rotativo contribuiu para o desenvolvimento da autonomia e da autorregulação da aprendizagem, em linha com a epistemologia genética de Piaget (1976). As observações demonstraram maior engajamento e cooperação, reforçando o papel do conflito cognitivo como elemento central na reconstrução conceitual.

4.6 Introdução aos Casos de Ensino: a investigação como caminho para compreender os desafios da estequiometria

As semanas seguintes da intervenção foram dedicadas à aplicação dos casos de ensino, eixo central desta pesquisa e momento em que se concentrou a análise mais aprofundada das dificuldades e dos avanços na aprendizagem de estequiometria. Inspirados na perspectiva do ensino por investigação (CARVALHO, 2013; SASSERON; CARVALHO, 2011), os casos foram planejados para promover uma aprendizagem ativa e reflexiva, na qual o estudante assume o papel de investigador diante de situações contextualizadas e problematizadoras.

A turma foi organizada em sete grupos de quatro estudantes, com rodízio de formações a cada encontro, de modo que cada estudante vivenciasse diferentes arranjos colaborativos ao longo dos quatro casos. Essa estratégia ampliou as interações sociais e o compartilhamento de modos de pensar, em consonância com a perspectiva sociocultural de Vygotsky (1984) sobre a aprendizagem mediada pela linguagem e pelas relações entre pares.

Cada grupo recebeu uma pasta de investigação (um “dossiê científico”) com três documentos articulados:

1. Missão e Tarefa – texto de contextualização com a situação a investigar e os objetivos específicos;
2. Laudo Pericial – registro dos cálculos, respostas e justificativas nas questões de desenvolvimento e na seção Para ir além;

3. Mapa de Investigação – espaço metacognitivo para explicitar facilidades e dificuldades encontradas, mapeadas segundo as categorias de análise desta pesquisa: desafios conceituais, matemáticos, simbólicos, contextuais e relacionados ao ensino tradicional.

As situações partiram de problemas reais da área da saúde (dosagem, diluição, síntese e contaminação ambiental por fármacos), aproximando a Química da vida cotidiana e de sua dimensão ética e social (FREIRE, 1996; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018). A mediação docente foi essencial para provocar hipóteses, sustentar a argumentação e desbloquear impasses conceituais, com socializações ao final de cada caso para compartilhar estratégias e caminhos de superação.

Desse modo, os Encontros 6, 7, 8 e 9 constituem o ápice da Missão Estequiometria: integram investigação, contexto e reflexão, permitindo observar como os estudantes enfrentaram e reconstruíram suas concepções sobre estequiometria a partir de problemas autênticos, num ciclo contínuo de erro–análise–aprendizagem (Bachelard, 1996).

4.7 Encontro 6 – Caso de Ensino 1: Investigando a superdosagem de medicamentos

O primeiro caso de ensino inaugurou a sequência de atividades propostas, conforme apresentado no Apêndice F, a etapa investigativa dá sequência ao convidar a turma a analisar um possível erro na administração de um antitérmico, com a tarefa de verificar a ocorrência de superdosagem. Estruturada como situação-problema e fundamentada na abordagem de ensino por investigação (CARVALHO, 2013), a atividade posicionou os estudantes como pesquisadores diante de um problema real, demandando leitura crítica de dados, mobilização de conhecimentos científicos e tomada de decisão fundamentada.

Diferentemente dos casos seguintes, este não continha questão inicial de aquecimento: trazia quatro questões de desenvolvimento (A–D) e três questões reflexivas na seção *Para ir além*, conduzindo os grupos da análise quantitativa para a discussão ética e social do uso responsável de medicamentos. Cada equipe recebeu um dossiê de investigação (missão, dados do caso, questões de desenvolvimento e seção reflexiva), além de duas folhas de apoio: o Laudo Pericial, destinado ao registro de cálculos e justificativas, e o Mapa de Investigação, voltado à metacognição (facilidades e dificuldades).

No desenvolvimento, a questão A solicitou o cálculo da concentração (mg/mL) a partir dos dados do rótulo e do problema, exigindo coerência na utilização das unidades de medida e leitura precisa do enunciado, bem como a mobilização de subsunçores adequados, uma vez que a resolução das situações-problema demandou a articulação de conhecimentos prévios de

diferentes áreas, especialmente da Matemática e da Química, condição necessária para a construção de conceitos interdisciplinares, conforme a perspectiva da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1968). A questão B articulou a concentração obtida ao volume prescrito, enquanto a questão C relacionou dose diária e volume correto a ser administrado. Por fim, a questão D tratou de diluição, pedindo a associação entre a concentração original e a nova solução a ser preparada. Na seção Para ir além, as reflexões ampliaram o foco: a questão I pediu exemplos de consequências de cálculos incorretos; a questão II destacou o papel da relação concentração–volume–massa na segurança terapêutica; e a questão III, de caráter opinativo, investigou a percepção dos alunos sobre o impacto da estequiometria na qualidade e segurança do atendimento em saúde.

Os resultados evidenciaram um quadro heterogêneo de desempenho entre os grupos, conforme sintetizado no Quadro 5.

Quadro 5 – Síntese das respostas dos grupos no caso de ensino 1: superdosagem de medicamentos

Grupo	Desempenho nas Questões de Desenvolvimento (A,B,C,D)	Desempenho na Seção “Para ir além”	Observações Principais
1	Respondeu plenamente A, B e C; explicou a D sem concluir a relação de diluição.	Respostas completas e coerentes.	Boa organização de cálculos; dificuldade pontual na etapa de diluição.
2	Acertou A,B e C; não estabeleceu relação entre concentração e volume na D.	Respostas adequadas.	Dificuldade na associação entre grandezas químicas.
3	Não respondeu às questões de desenvolvimento.	Respondeu apenas ao “Para ir além”.	Participação restrita à reflexão ética.
4	Respondeu plenamente A, B, C e D, com cálculos e unidades corretas.	Respostas completas.	Excelente desempenho geral; domínio procedimental.
5	Respondeu corretamente A, B, C e D, com unidades adequadas.	Não explicitou consequências práticas na I; respondeu plenamente II e III.	Rigor técnico; lacuna na contextualização prática.
6	Respondeu A, B e D corretamente; errou o cálculo da C.	Respondeu integralmente as reflexivas.	Avanço conceitual com erro isolado de cálculo.

7	Respondeu corretamente A–D, omitindo apenas a unidade final na D.	Respondeu plenamente I e III; parcialmente II.	Boa coerência conceitual; pequena falha na articulação entre volume e massa.
---	---	--	--

Fonte: Autora (2025).

A análise dos dados apresentados no Quadro 5 reforça a heterogeneidade do grupo e indica que a principal dificuldade concentrou-se na etapa de diluição e na associação entre proporções e unidades, caracterizando um obstáculo de natureza matemática e simbólica (BACHELARD, 1996). Ainda assim, observa-se evolução no domínio das grandezas e na leitura dos dados, especialmente nos Grupos 4 e 5, que demonstraram maior segurança procedimental. Nas respostas do Para ir além, surgiu um entendimento consistente de que a precisão nos cálculos é um imperativo ético: o erro deixa de ser “mero deslize” e passa a ter consequências clínicas e sociais, o que dialoga com a concepção freireana do conhecimento como prática voltada ao cuidado e à dignidade humana.

Os Mapas de Investigação convergiram para três focos de dificuldade: (i) montagem e resolução da regra de três – especialmente na etapa de diluição; (ii) associação entre volume e concentração, que exige integrar noções matemáticas e químicas; e (iii) compreensão das relações proporcionais entre as grandezas. Entre as facilidades, apareceram a organização das grandezas, a leitura do enunciado e o reconhecimento de que o contexto do medicamento tornou o conteúdo “mais compreensível e real”. A mediação docente teve papel decisivo para sustentar o raciocínio dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (VYGOTSKY, 1984), orientando a leitura do enunciado, a verificação das unidades e a checagem de coerência dos resultados.

Como ponto de partida da fase investigativa, o Caso 1 favoreceu a integração entre cálculo e ética, evidenciando que, em Química, precisão é cuidado com a vida. Ao deslocar o foco do algoritmo para o sentido social do procedimento, a atividade instaurou uma ruptura epistemológica inicial (BACHELARD, 1996), abrindo espaço para uma compreensão mais contextualizada e crítica da estequiometria. As falas a seguir ilustram esse movimento:

“Para que não ocorra nenhum erro médico prejudicando a vida do paciente” (G1);

“O domínio dos cálculos auxilia a cuidar dos pacientes com conforto e segurança” (G2);

“Se houver erro, corremos risco de vida; os cálculos precisam ser exatos” (G3).

Tais depoimentos mostram que os estudantes não apenas aplicaram procedimentos quantitativos, mas também reconheceram a responsabilidade social implicada no fazer científico, em consonância com a visão de Freire (1996) sobre a função humanizadora do saber.

Durante o desenvolvimento do primeiro caso de ensino, os estudantes foram orientados a analisar rótulos de medicamentos e a realizar cálculos de dosagem, mobilizando conhecimentos de estequiometria e proporcionalidade. Esse momento da atividade é ilustrado na Figura 6.

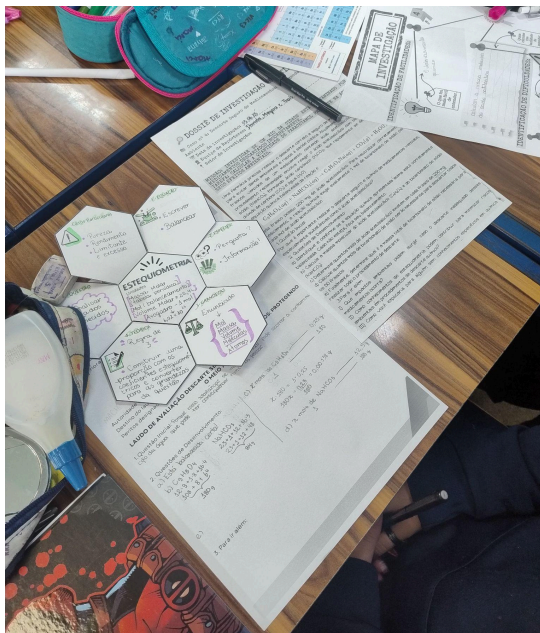


Figura 6: Estudantes analisando rótulos e realizando cálculos de dosagem medicamentosa no primeiro caso de ensino.

Fonte: *Autora (2025)*.

4.8 Encontro 7 – Caso de Ensino 2: Concentrações e diluições de medicamentos – entre o cálculo e a prática experimental

O segundo caso de ensino marcou um ponto de inflexão na sequência Missão Estequiometria, ao integrar duas dimensões complementares da aprendizagem: a teórica e a experimental. A missão propunha aos estudantes a análise de medicamentos com concentrações divergentes das indicadas, com o desafio de verificar, por meio de cálculos e experimentação, as possíveis alterações nas soluções farmacêuticas. O objetivo era aproximar o raciocínio estequiométrico da realidade profissional, levando os alunos a compreender os riscos e responsabilidades associados aos erros em preparações medicamentosas.

O caso foi concebido para promover a aprendizagem ativa, articulando reflexão conceitual, aplicação prática e análise crítica. A atividade inicial apresentou uma questão norteadora sobre porcentagem, mobilizando conhecimentos prévios e estimulando os alunos a expressarem suas concepções em linguagem escrita — uma escolha intencional, considerando a característica interdisciplinar dos conhecimentos mobilizados ao longo das atividades, oriunda

do campo das linguagens, e a importância de desenvolver a comunicação científica (MORTIMER & SCOTT, 2002).

Na etapa teórica, na questão A, os alunos descreveram o que compreendiam por concentração percentual massa/volume (m/v), permitindo identificar concepções iniciais e possíveis obstáculos de representação simbólica. A questão B solicitava o cálculo da massa necessária para preparar uma solução medicamentosa conforme uma prescrição médica. A aplicação da regra de três e o domínio das unidades de medida foram centrais nessa etapa, na qual se observaram inversões de razão e trocas de grandezas.

A questão C pedia que os estudantes descrevessem como preparariam a solução no laboratório, considerando segurança e uso de vidrarias adequadas — avaliando, portanto, tanto a competência procedimental quanto o rigor técnico. Por fim, a questão D abordava a diluição de soluções, exigindo raciocínio proporcional e a compreensão da relação entre concentração inicial e final.

Os resultados da etapa teórica, apresentados no Quadro 6, revelam um panorama heterogêneo e evidenciam diferentes graus de consolidação conceitual entre os grupos.

Quadro 6 – Síntese dos resultados da etapa teórica do caso de ensino 2: concentrações e diluições de medicamentos

Grupo	Desempenho nas Questões A–D	Desempenho na Seção “Para ir além”	Observações Principais
1	Respondeu a todas as questões com precisão, cálculos corretos e unidades coerentes.	Respostas completas e articuladas.	Excelente domínio conceitual e procedimental.
2	Respondeu apenas à questão inicial (A).	Reflexão breve e pontual.	Dificuldade em aplicar cálculos; compreensão parcial do conceito.
3	Não respondeu às questões de desenvolvimento.	Respondeu somente à seção “Para ir além”.	Participação restrita à discussão ética.
4	Respondeu todas as questões, mas não finalizou a regra de três da questão C.	Respostas coerentes e contextualizadas.	Bom desempenho geral; pequena lacuna na resolução matemática.
5	Errou unidades e confundiu massa com volume.	Respondeu corretamente as questões reflexivas.	Obstáculo simbólico persistente; boa reflexão social.
6	Cálculos incorretos e trocas de unidades; explicações superficiais.	Respondeu plenamente as questões reflexivas.	Dificuldades matemáticas, mas avanço na reflexão ética.

7	Respondeu parcialmente; omitiu unidades.	Respostas parciais e breves.	Dificuldade na formalização das respostas e justificativas.
---	--	------------------------------	---

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise dos resultados evidencia que, embora a maioria tenha conseguido estruturar o raciocínio de resolução, persistem obstáculos epistemológicos relacionados à transposição entre o raciocínio matemático e a linguagem simbólica (BACHELARD, 1996). Tais dificuldades, longe de serem interpretadas como falhas, configuraram momentos de tensão produtiva no processo de construção do conhecimento científico. A análise comparativa dos Quadros 5 e 6 indica que os mesmos grupos que apresentaram acertos consistentes em determinadas atividades mantiveram esse desempenho ao longo das estações, enquanto os grupos que concentraram erros o fizeram de maneira recorrente, evidenciando padrões estáveis de compreensão e de dificuldade. Esses resultados sugerem que as tensões observadas estiveram associadas a modos específicos de organização do pensamento dos grupos, reforçando a necessidade de mediações didáticas diferenciadas.

Na seção *Para ir além*, observou-se forte engajamento reflexivo. Na questão I, todos os grupos discutiram as consequências clínicas e sociais de concentrações incorretas, associando-as a riscos de intoxicação e falhas terapêuticas. Na questão II, seis grupos explicaram como o domínio dos cálculos evita erros de dosagem, relacionando a precisão científica à responsabilidade profissional. Por fim, a questão III, de caráter pessoal e opinativo, levou os alunos a reconhecerem o papel do químico e do farmacêutico na preservação da vida, reforçando o valor ético do conhecimento.

Essas respostas indicam que o grupo avançou na compreensão da Química como prática social, aproximando-se da concepção freireana (1996) de ciência como instrumento de transformação e responsabilidade coletiva.

A segunda etapa do caso consistiu na preparação experimental de uma solução diluída, retomando as relações matemáticas trabalhadas anteriormente. Por limitação de reagentes e espaço, a turma foi reorganizada em quatro grupos maiores, que calcularam as massas, volumes e concentrações necessárias segundo o roteiro experimental entregue. Durante a execução, todos os grupos completaram o preparo das soluções, realizaram as pesagens com precisão e calcularam as concentrações resultantes, demonstrando que a prática concretizou conceitos antes abstratos. O contato direto com os materiais e medidas permitiu uma reconstrução cognitiva do

raciocínio estequiométrico, confirmando o papel da ação sobre o objeto na aprendizagem (PIAGET, 1977; VYGOTSKY, 1984).

Ao término, realizou-se uma discussão coletiva mediada pela professora-pesquisadora, retomando dúvidas e analisando os erros de conversão e balanceamento.

O Caso de Ensino 2 mostrou, de forma concreta, que o ensino por investigação se potencializa quando associado à experimentação. As dificuldades iniciais com cálculos e unidades foram gradualmente superadas quando os estudantes puderam visualizar e manipular os fenômenos químicos, deslocando o foco do fazer mecânico para o entendimento racional do processo. Essa integração entre teoria e prática revelou-se essencial para a consolidação da aprendizagem da estequiometria, pois permitiu que os alunos experimentassem, errassem, refletissem e reconstruíssem — movimento que caracteriza a essência da investigação científica. A Figura 7 ilustra esse momento, evidenciando o envolvimento dos grupos na análise de situações de contaminação farmacêutica e na construção coletiva do raciocínio científico.



Figura 7: Atividade experimental do caso de ensino 2, envolvendo análise de cálculos e hipóteses sobre contaminação de fármacos.

Fonte: *Autora (2025)*.

4.9 Encontro 8 – Caso de Ensino 3: Produção de hipoclorito de sódio – investigação, segurança e ciência em contexto pandêmico

O terceiro caso de ensino marcou um ponto de consolidação na trajetória investigativa da sequência *Missão Estequiometria*. A missão propunha aos estudantes produzir uma quantidade específica de hipoclorito de sódio destinada ao abastecimento de hospitais locais, assegurando eficácia e segurança no uso do produto. A tarefa envolvia o cálculo das quantidades exatas de reagentes para a síntese do composto, contextualizando o conteúdo de estequiometria em um cenário de relevância científica e social, especialmente diante da pandemia de COVID-19.

Essa contextualização conferiu ao trabalho sentido ético e prático, transformando o cálculo químico em um ato de responsabilidade coletiva. Ao situar o problema no campo da saúde pública, a atividade aproximou o conhecimento químico das práticas sociais concretas, reforçando a visão de que a ciência é também um modo de cuidar da vida (FREIRE, 1996).

O caso promoveu uma aprendizagem ativa, em que o estudante foi convidado a agir como protagonista do processo científico, levantando hipóteses, testando relações e justificando resultados com base em evidências. A problematização inicial instigou o grupo a discutir a importância da precisão nos cálculos de reagentes, estimulando o pensamento crítico e a comunicação científica, componentes essenciais do processo de alfabetização científica, em consonância com as competências gerais da Base Nacional Comum Curricular, especialmente aquelas relacionadas ao pensamento científico, crítico e criativo, bem como à argumentação e à comunicação fundamentada em conhecimentos científicos (BRASIL, 2018).

A sequência de questões teóricas foi estruturada para favorecer a passagem do pensamento empírico ao pensamento formal-operacional, em consonância com as etapas do desenvolvimento cognitivo descritas por Piaget (1977) e com as orientações da Base Nacional Comum Curricular, que preconiza o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e reflexivo ao longo da Educação Básica (BRASIL, 2018), bem como com o Referencial Curricular Gaúcho, que enfatiza a progressão conceitual e a articulação entre conhecimentos teóricos e situações-problema contextualizadas (RIO GRANDE DO SUL, 2020).

- A questão A solicitava que os alunos escrevessem e balanceassem a reação química de obtenção do hipoclorito de sódio a partir do gás cloro e da soda cáustica. Essa etapa exigiu leitura simbólica e compreensão dos coeficientes estequiométricos, típicos do que Mortimer (1996) chama de transição entre os níveis representacionais da química: macroscópico, simbólico e submicroscópico.
- A questão B abordava o cálculo das massas molares do hipoclorito e do hidróxido de sódio.
- A questão C requeria o cálculo dos mols de hipoclorito e sua correspondência com a massa a ser produzida.
- Por fim, a questão D relacionava massa e mols de hidróxido de sódio, consolidando o raciocínio proporcional.

Os resultados foram sistematizados no Quadro 7, que apresenta uma visão panorâmica do desempenho dos grupos e suas principais observações.

Quadro 7 – Síntese dos resultados do caso de ensino 3: produção de hipoclorito de sódio

Grupo	Desempenho nas Questões A–D	Desempenho na Seção “Para ir além”	Observações Principais
1	Respondeu plenamente A–C; não completou a proporção molar da D.	Respostas incompletas e pouco analíticas.	Boa compreensão conceitual; dificuldade na proporção molar.
2	Respondeu parcialmente A–C; não finalizou D.	Reflexões breves.	Fragilidade na articulação entre coeficientes e mols.
3	Acertou A e B; não relacionou corretamente mols no balanceamento.	Respostas restritas.	Avanço em massa molar; dificuldade simbólica persistente.
4	Respondeu plenamente A–D, mas omitiu unidades.	Respostas completas.	Rigor conceitual; descuido formal nas unidades.
5	Acertou A, C e D; errou unidade em B.	Respondeu integralmente.	Clareza conceitual e domínio da lógica estequiométrica.
6	Respondeu apenas A.	Sem respostas reflexivas.	Baixa participação; compreensão parcial da reação.
7	Respondeu plenamente todas as questões e reflexivas.	Respostas completas e contextualizadas.	Coerência conceitual e rigor procedimental.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise comparativa evidenciou avanços em relação aos casos anteriores, especialmente na organização lógica do raciocínio estequiométrico, uma vez que 42% dos grupos conseguiram resolver corretamente a questão D, a qual exigia maior nível de abstração conceitual. A interpretação do balanceamento e a compreensão das proporções molares ainda representaram desafios recorrentes; contudo, observou-se um aumento no número de grupos que alcançaram soluções completas e conceitualmente coerentes, indicando um processo de equilibração progressiva (PIAGET, 1977) e uma maior integração entre o pensamento matemático e o químico. Essa transição cognitiva também evidencia o papel da mediação pedagógica e das interações colaborativas na reorganização dos conhecimentos prévios e na consolidação dos conceitos científicos.

Na seção *Para ir Além*, as questões reflexivas conectaram o conteúdo químico às dimensões ambiental, social e comunicativa. A questão I abordou os impactos econômicos e

ambientais dos erros de cálculo na produção industrial. Parte dos grupos conseguiu relacionar desperdício de reagentes, contaminação e elevação de custos — elementos que articulam ciência e sustentabilidade, conforme propõem Hodson (1998) e Aikenhead (2006).

A questão II tratou da relevância da estequiometria para profissionais da área química e farmacêutica, com respostas que destacaram a importância do rigor científico e do controle técnico.

A questão III exigia que os alunos traduzissem o conhecimento científico em linguagem acessível, promovendo o exercício do letramento científico (SANTOS, 2007), competência essencial para democratizar a ciência e ampliar sua função social.

Essas respostas revelaram que os estudantes começaram a perceber a Química como prática humana, não apenas como disciplina técnica, mas como campo de ação crítica e comunicativa (FREIRE, 1996; MORTIMER & SCOTT, 2002).

Através dos mapas de Investigação podemos confirmar três núcleos de dificuldade recorrente:

1. **Conceitual:** identificação dos reagentes e produtos na equação química;
2. **Simbólico:** relação entre coeficientes estequiométricos e proporções molares;
3. **Matemático:** aplicação da regra de três e coerência das unidades.

Ao analisarem coletivamente as imprecisões e revisarem suas estratégias de cálculo, os estudantes revelaram uma mudança de atitude frente ao erro: ele deixou de representar um fracasso e passou a ser compreendido como parte natural da aprendizagem científica. Essa nova relação com o saber indica amadurecimento intelectual e emocional, refletindo uma postura mais autônoma e crítica. O processo de revisar, argumentar e reconstruir caminhos consolidou uma forma de pensar que une lógica, reflexão e responsabilidade, fundamentos de uma formação científica verdadeiramente significativa.

O Caso de Ensino 3 representou um ponto de virada na sequência didática, marcando o início de uma maturidade investigativa da turma. O tema da produção de hipoclorito de sódio, situado no contexto da pandemia, permitiu articular ciência, ética e cidadania, transformando o conteúdo abstrato da estequiometria em uma prática significativa e socialmente engajada.

Do ponto de vista pedagógico, o caso demonstrou que o ensino de química ganha potência quando se ancora em situações-problema contextualizadas (NOVAK & GOWIN, 1984; HODSON, 1998) e quando o erro é ressignificado como parte legítima da investigação. Do ponto de vista epistemológico, reafirma-se o potencial do ensino por investigação (CARVALHO, 2013) em promover o raciocínio lógico, a autonomia e a apropriação da

linguagem científica. Do ponto de vista humano, revela-se o papel emancipador e social da ciência, que, nas palavras de Freire (1996), “se constrói no diálogo entre o saber técnico e a consciência ética do mundo”. A Figura 8 ilustra o envolvimento dos grupos durante o experimento, evidenciando o vínculo entre o raciocínio químico e o compromisso com a segurança e o bem comum.

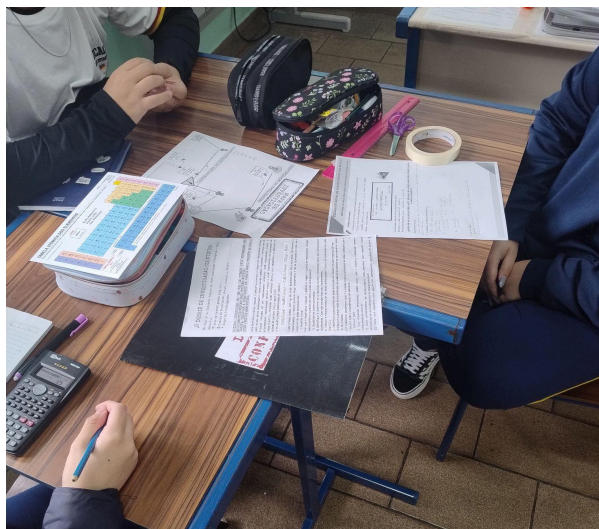


Figura 8: Caso de ensino 3 de produção simulada de hipoclorito de sódio, destacando a aplicação social da Química em contexto pandêmico.

Fonte: *Autora (2025)*.

4.10 Encontro 9 – Caso de Ensino 4: Contaminação ambiental por medicamentos, a estequiometria como ferramenta de conscientização e ação

O quarto caso de ensino encerrou o ciclo investigativo da sequência *Missão Estequiometria*, sintetizando os princípios da abordagem por investigação ao articular ciência, ética e responsabilidade socioambiental.

A missão propunha um desafio de alta relevância social: investigar se o rio da cidade estava sendo contaminado por medicamentos descartados incorretamente, com o objetivo de calcular a quantidade de paracetamol presente na água e discutir seus possíveis efeitos sobre o ambiente e a saúde pública. A escolha do tema foi intencional, conectava a aprendizagem da estequiometria a um problema real e atual, aproximando o conteúdo químico das discussões sobre consumo consciente, sustentabilidade e cuidado coletivo. Essa contextualização reforçou a dimensão humanizadora da ciência, alinhada à perspectiva freireana de que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para a sua produção e construção” (FREIRE, 1996, p. 47).

O texto introdutório do caso apresentava a reação entre ácido acetilsalicílico e bicarbonato de sódio, resultando na formação de ácido carbônico, gás carbônico e água. Essa equação, já balanceada, fornecia a base para o cálculo da contaminação em miligramas e mols.

A estrutura da atividade exigia que os estudantes transitassem entre diferentes níveis de representação química e matemática (macroscópico, simbólico e submicroscópico), conforme propõe Mortimer (1996), mobilizando simultaneamente as dimensões conceitual, simbólica e matemática do raciocínio químico.

A questão inicial problematiza a importância do descarte seguro de medicamentos, destacando os riscos do ácido acetilsalicílico e suas transformações químicas no meio aquático. Essa discussão inicial favoreceu a reflexão ética e cidadã, estimulando os estudantes a compreenderem que a ciência é também uma prática social e política (SANTOS, 2007).

As questões de desenvolvimento foram estruturadas de forma sequencial:

- **Questão A:** confirmação da equação química balanceada;
- **Questão B:** cálculo das massas molares do ácido acetilsalicílico e do bicarbonato de sódio;
- **Questão C:** determinação dos mols de ácido descartados no rio;
- **Questão D:** cálculo dos mols de bicarbonato de sódio necessários para neutralização;
- **Questão E:** obtenção da massa total de bicarbonato de sódio para a reação completa.

Os resultados, apresentados no Quadro 8, demonstram o avanço conceitual e o amadurecimento cognitivo dos grupos, tanto na organização do raciocínio estequiométrico quanto na consciência ambiental associada ao tema.

Quadro 8 – Síntese dos resultados do caso de ensino 4: contaminação ambiental por medicamentos

Grupo	Desempenho nas Questões A–E	Desempenho na Seção “Para ir além”	Principais Observações
1	Respondeu plenamente A, B, C e D; não concluiu a regra de três na E.	Respondeu parcialmente I; plenamente II e III.	Domínio conceitual; dificuldade em integrar cálculos.
2	Acertou A e C; incompleto em B e D; erro de associação na E.	Respondeu parcialmente I; plenamente II e III.	Falta de atenção formal; raciocínio coerente.
3	Respondeu coerentemente A, B, C e D; unidades corretas.	Plenamente I e III; parcialmente II.	Aplicação consistente dos conceitos.

4	Respondeu todas; erro pontual no balanceamento da A.	Plenamente II; parcialmente I e III.	Boa argumentação; descuido simbólico.
5	Acertou A, B e C; incompleto em D e E.	Plenamente I–III.	Forte reflexão social e ambiental.
6	Acertou A, B, C e D; errou a associação da E.	Parcial I; plena II–III.	Clareza conceitual; erro técnico residual.
7	Respondeu integralmente todas as questões.	Plenamente I–III.	Excelência conceitual e coerência argumentativa.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise indica que os grupos passaram a apresentar níveis mais elevados de domínio conceitual e de autonomia procedimental em comparação com os casos anteriores. Embora a ausência de unidades em algumas respostas ainda tenha sido observada, essa limitação foi identificada pelos próprios estudantes como um problema de registro formal, e não de compreensão conceitual, o que evidencia avanços nos processos de autorregulação e metacognição científica.

De modo geral, os estudantes demonstraram sólida compreensão das relações entre massa, mol e proporção, revelando o que Piaget (1977) denomina de *equilíbrio cognitiva*, em que a assimilação de novos esquemas conceituais resulta da superação gradual de desequilíbrios anteriores.

As questões da seção *Para ir além* funcionaram como eixo integrador entre conhecimento científico e responsabilidade social.

Na questão I, os alunos reconheceram os efeitos negativos do descarte inadequado de fármacos, como contaminação hídrica e bioacumulação, ainda que nem todos tenham explorado as causas em profundidade.

Na questão II, destacaram como o domínio da estequiometria pode contribuir para minimizar impactos ambientais, relacionando cálculos de concentração e neutralização ao controle de poluentes.

Já na questão III, os grupos foram convidados a traduzir o conhecimento químico para uma linguagem acessível, propondo formas de comunicação científica cidadã, como cartazes informativos e campanhas educativas sobre o descarte seguro de medicamentos.

Essa última questão foi especialmente significativa, pois expressa a passagem do letramento científico (SANTOS, 2007) para o engajamento público em ciência, ideia também discutida por Aikenhead (2006) ao defender uma educação científica socialmente responsável.

As falas dos estudantes indicaram que a experiência despertou uma percepção ampliada da Química como ferramenta de transformação social e ecológica:

“Nunca pensei que um cálculo de química pudesse ajudar a cuidar do meio ambiente.” (Grupo 4)

“Entendemos que o erro no descarte é um problema de todos, e a química explica o porquê.” (Grupo 7)

Os Mapas de Investigação mostraram uma redução expressiva das dificuldades conceituais e simbólicas. A maioria dos grupos relatou segurança na identificação da equação e no cálculo de massas molares, enquanto as dificuldades restantes concentraram-se na associação entre etapas de cálculo, especialmente nas questões dependentes de resultados prévios.

Entre as facilidades, destacaram-se: clareza dos enunciados; coerência entre teoria e contexto ambiental e motivação em relacionar a química ao cotidiano. Muitos estudantes destacaram, em seus relatos, que “a estequiometria finalmente fez sentido”, pois puderam perceber que os números e equações tinham impacto real sobre a vida e o meio ambiente.

O Caso de Ensino 4 representa a culminância da trajetória investigativa. Ao vincular a estequiometria a uma questão de contaminação ambiental, os alunos deixaram de apenas calcular para interpretar criticamente o papel da ciência na sociedade. A aprendizagem passou a integrar dimensões cognitivas, éticas e sociais, confirmando a concepção de Carvalho (2013) de que investigar é compreender o fenômeno em sua totalidade, e não apenas aplicar fórmulas. Sob o olhar bachelardiano, o percurso evidencia a superação progressiva de obstáculos epistemológicos — o erro como condição para o avanço do pensamento racional (BACHELARD, 1996). Pela ótica vygotskyana, a mediação docente e o diálogo em grupo criaram uma zona de desenvolvimento compartilhado, na qual a linguagem científica foi apropriada e reelaborada coletivamente (VYGOTSKY, 1984). Já na perspectiva freireana, a ciência aqui se fez ato político e ético, pois os alunos compreenderam que calcular também é cuidar — de pessoas, de ecossistemas e de futuros possíveis (FREIRE, 1996).

O caso mostrou que, quando o ensino de química se ancora em problemas reais e socialmente relevantes, ele ultrapassa o tecnicismo e torna-se instrumento de consciência e transformação. A Figura 9 registra o momento de síntese coletiva da atividade, no qual os estudantes organizaram e discutiram os cálculos realizados. A ressignificação do cálculo químico como prática associada à cidadania científica torna-se mais evidente na análise das produções finais dos grupos, nas quais os procedimentos matemático-químicos foram articulados à tomada de decisões fundamentadas.



Figura 9: Resolução do caso de ensino 4 referente a contaminação ambiental por medicamentos
Fonte: *Autora (2025)*.

O conjunto dos quatro casos de ensino constituiu um percurso formativo marcado por avanços conceituais, procedimentais e atitudinais, revelando a evolução da postura investigativa dos estudantes ao longo da sequência *Missão Estequiometria*.

A análise global evidencia uma progressão cognitiva e epistemológica gradual, na qual os alunos transitaram do cálculo mecânico à reflexão crítica, do erro ao pensamento reconstrutivo e da execução guiada à autonomia investigativa.

Para sintetizar esse movimento de aprendizagem, o Quadro 9 apresenta, de forma articulada, os principais elementos de cada caso — a missão investigativa, as ações propostas, as dificuldades enfrentadas e os resultados alcançados.

Quadro 9 – Síntese comparativa dos Casos de Ensino da sequência *Missão Estequiometria*

Caso de Ensino	Tema / Missão Investigativa	Tarefa / Ação Investigativa	Principais Dificuldades	Avanços e Resultados de Aprendizagem

1 – Superdosagem de Medicamentos	Verificar a administração incorreta de doses de um medicamento antitérmico e suas consequências à saúde.	Calcular concentrações, volumes e diluições para identificar superdosagem.	Dificuldade na montagem da regra de três e na associação entre volume e concentração; confusão entre grandezas químicas e unidades; obstáculos simbólicos na leitura dos dados.	Compreensão do significado social e ético da precisão química; apropriação inicial da linguagem científica; reconhecimento do papel da Química na preservação da vida e segurança sanitária.
2 – Concentrações e Diluições de Medicamentos	Analisar medicamentos com concentrações diferentes das indicadas, verificando possíveis alterações.	Realizar cálculos de concentração e preparar solução experimental no laboratório.	Troca de massa por volume e erros de unidade; fragilidade no cálculo de diluições; dificuldade em relacionar teoria e prática.	Integração entre cálculo e experimentação; superação de obstáculos matemáticos pela ação concreta; desenvolvimento de reflexão ética e procedimental sobre manipulação de medicamentos.
3 – Produção de Hipoclorito de Sódio	Calcular as quantidades de reagentes necessárias para sintetizar hipoclorito de sódio destinado à higienização hospitalar.	Escrever e balancear equações químicas; calcular massas e proporções molares de reagentes e produtos.	Dificuldade na interpretação do balanceamento químico e na identificação das proporções molares; persistência em erros formais como a omissão de unidades.	Avanço na leitura simbólica das reações químicas; maior autonomia no raciocínio estequiométrico; consolidação da visão da Química como ciência socialmente relevante no combate a doenças.

4 – Contaminação Ambiental por Medicamentos	Investigar a presença de medicamentos (paracetamol) em águas fluviais e seus impactos ambientais.	Calcular quantidades de reagentes e produtos; relacionar resultados à poluição hídrica e propor ações educativas sobre descarte correto.	Dificuldade pontual na associação entre etapas de cálculo; atenção insuficiente à regra de três e às unidades finais.	Superação dos obstáculos conceituais e simbólicos; domínio crescente da linguagem científica; ampliação da consciência ambiental e da responsabilidade social.
---	---	--	---	--

Fonte: Autora (2025).

A leitura comparativa do quadro evidencia que, nos dois primeiros casos, as dificuldades se concentraram nos aspectos operacionais e simbólicos, como a manipulação de unidades, a interpretação de enunciados e a organização do raciocínio matemático. Tais limitações configuram o que Bachelard (1996) denomina *obstáculos epistemológicos*, inevitáveis nas etapas iniciais da construção do pensamento científico.

Com o avanço das atividades e o fortalecimento da mediação docente, observou-se um deslocamento progressivo: o erro deixou de ser percebido como falha e passou a funcionar como ponto de reorganização cognitiva, em conformidade com a Zona de Desenvolvimento Proximal proposta por Vygotsky (1984). O diálogo, a cooperação e a argumentação entre os pares foram determinantes para o amadurecimento intelectual dos grupos.

A análise dos dados evidenciou que a aprendizagem dos estudantes não se restringiu à reorganização individual de esquemas cognitivos, conforme proposto por Piaget, nem apenas à superação de obstáculos epistemológicos, nos termos de Bachelard, mas assumiu um caráter profundamente social, mediado pela linguagem e pelas interações em sala de aula, em consonância com a perspectiva histórico-cultural de Vygotsky. Nesse contexto, a interação com os pares e a mediação docente mostraram-se centrais para a construção dos conceitos científicos, indicando que o aprendizado ocorreu com o outro, por meio do outro e a partir do outro.

Nos casos 3 e 4, o discurso químico ganhou densidade e sentido social. A consolidação do raciocínio estequiométrico foi acompanhada de uma expansão ética e cidadã, em que os estudantes passaram a compreender o valor prático e humano do conhecimento químico — seja na produção de substâncias de interesse sanitário, seja na análise dos impactos ambientais de medicamentos. Essa transição confirma a potência do ensino por investigação (CARVALHO, 2013) em promover aprendizagens que vão além do domínio conceitual, integrando ação, reflexão e responsabilidade. Além disso, a articulação entre ciência e sociedade, orientada pelos

princípios freireanos, possibilitou que os estudantes reconhecessem o papel da Química na transformação do mundo. Em suas falas, emergiu a consciência de que “entender a reação é também entender a vida”, o que expressa a internalização da dimensão humanizadora da ciência (FREIRE, 1996).

Desse modo, a sequência *Missão Estequiometria* revelou-se um ambiente de formação integral, em que aprender significou investigar, dialogar, errar, reconstruir e agir criticamente. A estequiometria, antes vista como um tema abstrato e árido, tornou-se um instrumento de leitura e intervenção sobre a realidade, permitindo aos estudantes compreender que o cálculo químico, quando inserido em contextos significativos, é também uma forma de cuidar, comunicar e transformar.

4.11 Encontro 10 – Escape Room Estequiométrico: a aprendizagem como descoberta coletiva

Encerrando a sequência *Missão Estequiometria*, o Encontro 10 foi dedicado à aplicação da metodologia ativa *Escape Room*, uma estratégia lúdica e investigativa que combina jogo, raciocínio lógico, cooperação e desafio cognitivo. Nesta proposta, o conteúdo de estequiometria foi transposto para uma experiência imersiva de aprendizagem, em que os estudantes precisavam resolver enigmas e cálculos químicos para “escapar” de um cenário narrativo.

O enredo apresentava a seguinte situação:

“Um renomado cientista descobriu a cura para uma nova doença, mas o laboratório foi trancado antes que ele pudesse divulgar a fórmula. Cabe aos jovens investigadores decifrar os enigmas e encontrar a fórmula antes que o tempo se esgote.”

Inspirado nas metodologias de aprendizagem baseadas em jogos (*Game-Based Learning*), conforme discutido por Gee (2003), o *Escape Room Estequiométrico* foi concebido como um ambiente de investigação coletiva, estimulando a autonomia, a criatividade e a tomada de decisão sob pressão. O jogo foi estruturado em duas etapas complementares: os desafios iniciais e o desafio final da montagem da fórmula.

Etapa 1 – Desafios iniciais e desbloqueio dos cadeados

Na primeira fase, cada um dos sete grupos recebeu um envelope contendo uma questão contextualizada de estequiometria, representando uma das sete fases do jogo. Os cadeados virtuais, projetados no quadro por meio da plataforma Lockee, simbolizavam o progresso

coletivo: cada grupo deveria resolver seu problema e inserir o resultado como código para liberar seu cadeado.

Os desafios envolviam cálculos de mol, massa, volume e concentração, exigindo leitura atenta e coerência de unidades. Dois grupos enfrentaram dificuldades iniciais na organização das grandezas, mas, com a mediação docente, conseguiram compreender o raciocínio lógico e avançar. Essa intervenção confirma a importância do papel do professor como mediador cognitivo e afetivo (VYGOTSKY, 1984), que orienta o estudante dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal e favorece a emergência da autonomia intelectual.

Etapa 2 – O desafio final e a montagem da fórmula

Após liberar os cadeados, cada grupo recebeu uma caixa contendo um novo problema estequiométrico. A solução correta revelava uma peça física do jogo — um fragmento de Tangram que representava parte da molécula “descoberta” pelo cientista. As sete peças unidas formavam um hexágono, símbolo do anel benzênico, escolhido para representar a estrutura química da “fórmula da cura”.

À medida que o tempo diminuía, a dinâmica evoluiu de uma competição para uma colaboração espontânea. Os grupos mais adiantados começaram a auxiliar os que ainda enfrentavam dificuldades, exemplificando o que Johnson e Johnson (1999) descrevem como *interdependência positiva*: o sucesso individual está atrelado ao êxito coletivo. Essa cooperação marcou o ponto alto da atividade. Faltando apenas dois minutos para o fim, a turma completou o desafio, libertando o último cadeado e montando o hexágono químico sob aplausos e comemoração.

O *Escape Room* configurou-se como uma síntese pedagógica e simbólica da sequência investigativa. Ele integrou os principais eixos das etapas anteriores — investigação, colaboração, raciocínio lógico e resolução de problemas —, transformando o conteúdo de estequiometria em uma experiência de descoberta coletiva e prazer intelectual. A dinâmica exigiu que os alunos mobilizassem conceitos químicos, habilidades matemáticas e estratégias de comunicação, enquanto lidavam com a gestão do tempo, a pressão e o trabalho em grupo. Ao fazer isso, a atividade favoreceu o desenvolvimento simultâneo de competências cognitivas e socioemocionais, tais como pensamento crítico, empatia, cooperação e autoconfiança, dimensões essenciais da formação científica contemporânea (BRASIL, 2018).

Do ponto de vista epistemológico, o jogo materializou a noção de ruptura e reconstrução do conhecimento proposta por Bachelard (1996): a cada enigma, o estudante era desafiado a revisar, reorganizar e aplicar seus conhecimentos prévios, transformando o erro em motor de

avanço. Assim, a ludicidade não implicou superficialidade; ao contrário, possibilitou o encontro entre rigor conceitual e imaginação criativa, elementos fundamentais do pensamento científico. Sob a perspectiva vygotskyana, o *Escape Room* representou uma Zona de Desenvolvimento Proximal ampliada, na qual o conhecimento foi mediado pela linguagem, pela colaboração entre pares e pela atuação intencional do professor. Cada interação, cada explicação dada entre colegas, constituiu uma forma de internalização coletiva do saber científico. Em termos de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003), a experiência também possibilitou a ancoragem de conceitos abstratos — como mol, proporção e balanceamento — em situações concretas e emocionalmente engajadoras, reforçando o princípio de que “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”.

O *Escape Room Estequiométrico* encerrou a sequência *Missão Estequiometria* com uma metáfora poderosa: o laboratório trancado simbolizava o conhecimento científico em sua dimensão desafiadora, e a “fórmula da cura” representava o saber reconstruído coletivamente. Ao resolver enigmas, os estudantes revisitaram conteúdos, confirmaram conceitos, superaram erros e, sobretudo, vivenciaram a ciência como prática social e cooperativa. Essa culminância expressa o ideal freireano de aprendizagem como ato de descoberta e libertação (FREIRE, 1996), em que o aluno se torna protagonista do próprio processo, movido pela curiosidade e pelo desejo de compreender o mundo. A Figura 10 ilustra o momento de maior engajamento coletivo durante o jogo *O Laboratório Secreto*, em que os estudantes, em clima de entusiasmo e corresponsabilidade, aplicaram os conceitos de estequiometria de forma lúdica, lógica e colaborativa.



Figura 10 – Estudantes durante o *Escape Room* “O Laboratório Secreto”, resolvendo enigmas químicos e aplicando a estequiometria em um contexto lúdico e investigativo.

Fonte: Autora (2025).

4.12 Encerramento da sequência didática: avanços, desafios e caminhos para aprimoramento

A sequência Missão Estequiometria configurou-se como um percurso formativo que uniu experimentação, investigação e significação do conhecimento científico. Ao longo de dez encontros, os estudantes transitaram de atividades exploratórias — como o Jigsaw e o mapa conceitual — para experiências de aplicação autônoma em contextos reais, culminando na vivência lúdica e colaborativa do Escape Room Estequiométrico. Os resultados revelaram avanços expressivos na compreensão dos conceitos fundamentais de estequiometria, especialmente na capacidade de interpretar dados, realizar cálculos com coerência lógica e empregar a linguagem científica com maior precisão. A integração entre ensino por investigação (CARVALHO, 2013), mediação sociocultural (VYGOTSKY, 1984) e superação de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996) consolidou uma abordagem que equilibra rigor conceitual, criticidade e engajamento.

O trabalho em grupo destacou-se como eixo formativo essencial, favorecendo cooperação, argumentação e protagonismo discente, especialmente nas Estações de Aprendizagem e nos Casos de Ensino. O vínculo das atividades com temas socialmente relevantes — como medicamentos, saúde pública, segurança sanitária e meio ambiente — aproximou o conteúdo de estequiometria da realidade dos alunos, reafirmando a concepção freireana de que o conhecimento adquire sentido quando se ancora na vivência e na leitura crítica do mundo (FREIRE, 1996).

Contudo, como toda proposta investigativa, a experiência também expôs desafios e limitações que orientam o aprimoramento futuro da sequência.

1. Fatores de descontinuidade e frequência

A frequência irregular dos alunos foi um dos principais fatores que impactaram o andamento das atividades, gerando desequilíbrios entre os grupos e afetando a continuidade das aprendizagens. Em algumas situações, a ausência de integrantes obrigou à reconfiguração das equipes, comprometendo a sequência lógica das tarefas e a coerência dos registros coletivos. Tal constatação evidencia a importância de planejar estratégias de reposição e acompanhamento paralelo, como atividades assíncronas e diários de bordo digitais, garantindo equidade e continuidade no processo investigativo (MOREIRA, 2011).

2. Composição dos grupos e engajamento desigual

Embora a organização das equipes tenha buscado equilibrar perfis participativos e menos engajados — uma estratégia coerente com os princípios da aprendizagem cooperativa

(JOHNSON; JOHNSON, 1999) —, observou-se variação no nível de envolvimento entre os participantes. Em alguns casos, o desinteresse pontual interferiu na dinâmica coletiva, reforçando a necessidade de uma cultura de co-responsabilidade e papéis definidos em atividades em grupo.

Para implementações futuras, recomenda-se a adoção de funções rotativas (líder, relator, calculista, mediador) e avaliações formativas por pares, fortalecendo o compromisso coletivo com a aprendizagem.

3. Gestão do tempo e carga cognitiva

O tempo disponível para a execução de algumas atividades, especialmente nas Estações de Aprendizagem e nos Casos de Ensino mais complexos, mostrou-se insuficiente para a conclusão completa dos cálculos e revisão das respostas. Essa limitação temporal provocou frustração em parte dos estudantes e pode ter comprometido a consolidação de conceitos-chave.

De acordo com Sweller (1988), o gerenciamento da carga cognitiva é determinante para o aprendizado efetivo, sobretudo em tarefas que exigem múltiplas etapas e integrações conceituais. Assim, recomenda-se ajustar a duração das atividades investigativas ou dividir casos mais extensos em dois momentos distintos, favorecendo uma aprendizagem mais reflexiva e gradual.

4. Aspectos atitudinais e motivacionais

Por se tratar de uma turma da área de Linguagens, parte dos estudantes apresentava resistência inicial em relação à Química e à Matemática. No entanto, o caráter investigativo e lúdico da proposta — expresso na Colmeia Estequiométrica e no Escape Room — mostrou-se capaz de despertar curiosidade e engajamento, confirmando o potencial da gamificação e das metodologias ativas para promover aprendizagem significativa (GEE, 2003; HAMARI et al., 2016).

O desafio futuro consiste em sustentar essa motivação ao longo de todo o percurso, ampliando a interdisciplinaridade com a área de linguagens, por meio de atividades de comunicação científica, narrativas investigativas e expressão crítica, valorizando o diálogo entre arte, linguagem e ciência.

5. Síntese dos avanços e perspectivas

Apesar das dificuldades pontuais, a sequência Missão Estequiometria cumpriu plenamente seu propósito de tornar o ensino de estequiometria uma experiência significativa, investigativa e humana. O percurso metodológico demonstrou que o aprendizado científico ultrapassa a execução de algoritmos: envolve interpretação, ética, colaboração e problematização do mundo real.

A experiência reafirmou o papel essencial do professor-mediador (VYGOTSKY, 1984; CARVALHO, 2013), que cria condições para que o erro se transforme em aprendizado e a dúvida em descoberta. Como destaca Ausubel (2003), aprender de forma significativa é integrar novos conceitos a estruturas cognitivas já existentes — e isso só ocorre quando o aluno encontra sentido no que aprende.

Em síntese, conforme evidenciado no Quadro 10, a trajetória da Missão Estequiometria indicou que o ensino de estequiometria pode ser desenvolvido de forma significativa com uma turma vinculada à área de Linguagens, desde que o conteúdo seja organizado como uma narrativa investigativa, estruturada como uma missão a ser desvendada por meio do raciocínio, da criatividade e da problematização contextualizada. Os resultados apontam, ainda, para a necessidade de aprimorar as condições estruturais e atitudinais que sustentam essa prática, de modo a ampliar seu potencial como proposta pedagógica integradora, capaz de articular ciência, contexto e formação humana.

Quadro 10 – Síntese geral da sequência didática: avanços, desafios e propostas de aprimoramento

Aspectos analisados	Avanços observados	Desafios identificados	Propostas de aprimoramento
Compreensão conceitual	<ul style="list-style-type: none"> • Domínio progressivo dos cálculos estequiométricos. • Maior precisão no uso de unidades e grandezas. • Entendimento da conservação da massa e das relações molares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades na aplicação da regra de três e conversões de unidades. • Erros pontuais de balanceamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criar momentos de revisão conceitual e cálculo orientado. • Utilizar simuladores e recursos digitais para reforço individual.
Linguagem científica e comunicação	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriação gradual do vocabulário químico. • Capacidade de relacionar ciência e contexto social. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade na argumentação escrita e na comunicação das etapas de raciocínio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover escrita científica guiada e relatórios interdisciplinares (Química + Linguagens).

Engajamento e trabalho em grupo	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades lúdicas aumentaram motivação e cooperação. • Apoio entre pares e solidariedade acadêmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinteresse pontual de alguns estudantes. • Desequilíbrio na corresponsabilidade dos grupos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir papéis rotativos em cada grupo. • Incluir avaliação formativa entre pares.
Frequência e continuidade	<ul style="list-style-type: none"> • Alunos assíduos apresentaram evolução constante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faltas geraram desfalques e perda de continuidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar atividades assíncronas de recuperação. • Criar diários digitais de acompanhamento.
Gestão do tempo	<ul style="list-style-type: none"> • Organização geral satisfatória. • Cumprimento dos objetivos principais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algumas atividades não concluídas no tempo previsto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redistribuir o tempo das tarefas mais complexas. • Dividir casos longos em dois encontros.
Dimensão atitudinal e motivacional	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento da curiosidade e empatia científica. • Reconhecimento da Química como ciência socialmente relevante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interesse inicial reduzido, especialmente pela área de Linguagens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliar interdisciplinaridade com produção textual e infográficos. • Valorizar o diálogo entre arte, linguagem e ciência.

Fonte: Autora (2025).

De modo geral, os resultados evidenciam que a sequência didática *Missão Estequiometria* contribuiu para a aprendizagem significativa de conceitos químicos ao articular investigação, contextualização e ludicidade. As atividades favoreceram o desenvolvimento do pensamento científico, da linguagem argumentativa e da autonomia intelectual dos estudantes.

As análises apresentadas apontam que a combinação de metodologias ativas, como o método Jigsaw, a Colmeia Estequiométrica, as Estações de Aprendizagem e o Escape Room, configurou-se como um caminho potente para superar a fragmentação tradicional do ensino de Química, aproximando o conhecimento científico da realidade e da saúde.

O capítulo seguinte apresenta o Produto Educacional resultante da pesquisa, descrevendo sua estrutura, aplicabilidade e potencial de replicação por outros docentes.

5. PRODUTO EDUCACIONAL

Este capítulo apresenta o Produto Educacional resultante da pesquisa intitulada *Missão Estequiometria: Casos de Ensino em Química e Saúde*. O material foi elaborado a partir das etapas desenvolvidas no processo investigativo, buscando oferecer aos professores de Química uma proposta metodológica inovadora, contextualizada e aplicável em diferentes realidades escolares. O produto está estruturado em formato de sequência didática, integrando metodologias ativas e abordagem investigativa, e visa favorecer a aprendizagem significativa de conceitos de estequiometria articulados à temática “Química e Saúde”.

O produto está organizado em sete unidades didáticas denominadas missões, estruturadas de acordo com as etapas do Ensino por Investigação — *problematização, investigação, análise e argumentação, e socialização e conclusão* (CARVALHO, 2013).

Cada missão é independente, mas articulada em progressão de complexidade, o que permite sua aplicação integral como sequência didática ou modular, conforme as condições da escola, o tempo disponível e o perfil da turma.

Na aplicação prática, o método Jigsaw substituiu o questionário diagnóstico, inaugurando a sequência didática e sendo reconhecido como Missão 1 da proposta. A Prova Temática, prevista inicialmente, não foi aplicada, e sua função avaliativa foi incorporada de forma formativa e processual ao longo das demais missões.

Assim, o Produto Educacional consolidou-se em sete etapas investigativas articuladas entre si, conforme o quadro 11 a seguir.

Quadro 11: Etapas da sequência didática “Missão Estequiometria” e principais atividades desenvolvidas em cada encontro

Missão	Duração	Objetivo Central	Principais Recursos	Papel do(a) Professor(a)
1. Método Jigsaw – Construindo as Bases do Conhecimento Coletivo	100 min	Estimular a aprendizagem colaborativa e a comunicação científica	Textos de apoio, fichas de especialistas, materiais impressos	Media a interação entre pares e conduz a socialização dos saberes
2. Mapa Conceitual – Organizadores de Relações	100 min	Sistematizar os conceitos centrais de estequiometria a partir das trocas realizadas no Jigsaw.	Folhas A4, conectores lógicos, marcadores coloridos.	Orienta a construção coletiva do mapa, incentivando a discussão e o

				consenso conceitual.
3.Colmeia Estequiométrica Conectando Conceitos	100 min	Visualizar as relações entre mol, massa, volume e partículas	Colmeia de hexágonos, mapa mental e tabela periódica	Facilita a construção coletiva e reorganiza os conceitos
4.Exemplos Associativos Ativando e Aplicando Saberes	100 min	Resolver problemas contextualizados com medicamentos e meio ambiente	Exercícios guiados e colmeia como apoio	Orienta a resolução em duplas e promove discussão coletiva
5. Estações de Aprendizagem SOS Flores da Cunha	150 min	Relacionar química, saúde e meio ambiente em situações reais	Roteiro de estações, fichas de missão e materiais simples	Organiza grupos, conduz sínteses e media a argumentação
6. Casos de Ensino – Jornalismo Científico	400 min	Analisar dossiês sobre erros em medicamentos e produzir laudos científicos	Dossiês, fichas de laudo, recursos digitais	Estimula a tomada de decisão e o letramento científico
7. Escape Room – O Laboratório Perdido da Estequiometria	100 min	Consolidar conteúdos de forma lúdica e cooperativa	Pistas, cadeados e cartas de missão	Atua como condutor e observador do raciocínio investigativo

Fonte: Autora (2025).

5.1 Descrição das Etapas

Missão 1 – Método Jigsaw: Construindo as Bases do Conhecimento Coletivo

A etapa inaugural da proposta substituiu o diagnóstico tradicional. Os estudantes foram divididos em grupos de especialistas, cada qual responsável por estudar um subtema da estequiometria, conceito de mol, balanceamento de equações, proporções químicas e aplicações farmacêuticas. Após o estudo, reorganizaram-se em grupos mistos para socializar seus aprendizados, exercitando a linguagem científica e a cooperação. Essa etapa evidenciou a aprendizagem como processo social e mediado, conforme os princípios de Vygotsky, e possibilitou a construção de uma base cognitiva compartilhada para as demais missões

Missão 2 – Mapa Conceitual: Organizadores de Relações

Após a socialização das ideias no Jigsaw, os alunos elaboraram coletivamente um mapa conceitual que sintetiza os principais conceitos trabalhados. Essa atividade teve como objetivo estruturar graficamente as relações entre os conteúdos estudados, funcionando como um elo entre o aprendizado colaborativo e a representação visual do conhecimento químico.

O professor atuou como mediador, de modo que o mapa servisse como um organizador prévio para a construção posterior da Colmeia Estequiométrica. Essa etapa favoreceu a consolidação conceitual e estimulou a reflexão sobre as interconexões entre os fenômenos químicos e sua linguagem simbólica.

Missão 3 – Colmeia Estequiométrica: Conectando Conceitos

Nesta etapa, os alunos construíram uma colmeia visual de hexágonos interligados, representando os conceitos de massa, mol, volume e partículas. A atividade favoreceu a organização e a integração das grandezas químicas, estimulando a reflexão coletiva e o raciocínio proporcional.

Com base no ensino por investigação (CARVALHO, 2013), a proposta promoveu a interação entre pares e a mediação docente, permitindo que os estudantes revisassem e consolidassem os conhecimentos compartilhados no Jigsaw. A colmeia funcionou como um mapa conceitual dinâmico, simbolizando a construção progressiva do pensamento químico e a valorização do erro e do diálogo como parte do processo de aprender ciência.

Missão 4 – Exemplos Associativos: Ativando e Aplicando Saberes

Nessa etapa, os alunos resolveram problemas contextualizados envolvendo medicamentos e meio ambiente, aplicando as relações construídas nas missões anteriores. O erro foi tratado como recurso formativo, conforme Bachelard (1996), permitindo que os estudantes revisassem estratégias e justificassem suas conclusões coletivamente.

Missão 5 – Estações de Aprendizagem: SOS Flores da Cunha

Inspirada em práticas investigativas, essa missão trouxe **sete estações temáticas**, como “Fármacos e o Meio Ambiente”, “Reações e Eficiência”, “Saúde Pública e Dosagem”. Cada grupo registrou descobertas em fichas, promovendo engajamento, interdisciplinaridade e protagonismo discente.

Missão 6 – Casos de Ensino: Jornalismo Científico

Etapa central da sequência, em que os estudantes atuaram como repórteres científicos analisando *dossiês periciais* sobre erros em cálculos de dosagem de medicamentos. Essa

abordagem estimulou o raciocínio investigativo, a argumentação com base em evidências e o letramento científico e ético.

Missão 7 – Escape Room: O Laboratório Perdido da Estequiometria

Encerrando a sequência, a atividade gamificada consolidou o aprendizado por meio de enigmas e desafios que exigiam a aplicação dos conceitos químicos. A experiência promoveu cooperação, autonomia e pensamento crítico, transformando o conteúdo em uma vivência significativa e memorável.

5.2 Síntese das Etapas do Ensino por Investigação

Quadro 12: Categorias analíticas e eixos interpretativos da Análise Textual Discursiva (ATD)

Etapa	Descrição	Papel do Professor	Papel do Aluno
Problematização	Situações desafiadoras e casos reais são apresentados	Instiga a curiosidade e orienta as hipóteses	Levanta ideias e mobiliza conhecimentos prévios
Investigação	Busca de informações, experimentação e análise	Orienta e questiona criticamente	Coleta dados, propõe soluções
Análise e Argumentação	Confronto de ideias e construção coletiva	Media o debate e valoriza o erro	Argumenta, reformula e justifica decisões
Conclusão e Socialização	Sistematização e compartilhamento dos resultados	Promove sínteses e formalizações conceituais	Apresenta conclusões e reflete sobre o processo

Fonte: Autora (2025).

A aplicação da sequência evidenciou avanços significativos:

- Cognitivos: ampliação do raciocínio proporcional e domínio das relações mol-massa-volume;
- Atitudinais: maior engajamento e colaboração nas etapas investigativas;
- Epistemológicos: consolidação da argumentação científica e da compreensão dos erros como parte da aprendizagem.

O método Jigsaw revelou-se um ponto de inflexão pedagógica, pois transformou o início da sequência em uma oportunidade de aprendizagem horizontal e compartilhada, estabelecendo uma base sólida para as missões seguintes. A ausência da prova temática não prejudicou a avaliação, que se manteve processual e formativa, integrada à dinâmica das atividades.

A *Missão Estequiometria* configura-se como uma proposta investigativa, colaborativa e transformadora, que articula a Química à realidade social, aproximando a escola da vida.

Ao conjugar ensino por investigação, metodologias ativas e casos de ensino, o produto reafirma o papel do professor como mediador e pesquisador da própria prática, e dos estudantes como protagonistas da construção do conhecimento.

Mais do que ensinar estequiometria, a proposta ensina a pensar quimicamente o mundo, reforçando o compromisso ético e social do ensino de Ciências.

5.3 Estrutura e organização do produto educacional

O produto educacional intitulado *Missão Estequiometria: Casos de Ensino em Química e Saúde* foi concebido como uma sequência didática modular, estruturada em sete missões investigativas que integram diferentes metodologias ativas de aprendizagem. Cada missão representa uma etapa do processo de ensino e aprendizagem, com objetivos próprios e articulação progressiva entre os conceitos de estequiometria e o eixo temático “Química e Saúde”.

O material foi organizado para ser flexível e adaptável, podendo ser aplicado integralmente ao longo de um trimestre letivo ou de forma parcial, conforme o tempo e os recursos disponíveis nas escolas. A proposta contempla momentos de investigação, colaboração, experimentação e síntese, com foco na resolução de problemas e na construção autônoma do conhecimento químico.

A seguir, apresentam-se os sete encontros/Missões que compõem a sequência didática:

1. Encontro 1 – Método Jigsaw: Integração de saberes – promove a socialização de conceitos básicos de estequiometria e o trabalho cooperativo entre os grupos;
2. Encontro 2 – Mapa Conceitual: Construindo significados – possibilita a representação gráfica e hierárquica dos conceitos químicos, permitindo aos estudantes identificar relações lógicas e cognitivas entre os elementos fundamentais da estequiometria;
3. Encontro 3 – Colmeia Estequiométrica: Conectando conceitos – favorece a organização visual e relacional entre as grandezas massa, mol, volume e partículas;
4. Encontro 4 – Exemplos associativos e casos introdutórios – propõe situações do cotidiano que aproximam os conceitos abstratos de experiências concretas;

5. Encontro 5 – Estações de Aprendizagem: A missão investigativa – estimula a experimentação prática, a rotação de saberes e a reflexão interdisciplinar;
6. Encontro 6 – Casos de Ensino: Química e Saúde em foco – articula os conhecimentos construídos à análise de situações reais relacionadas a medicamentos e reações químicas;
7. Encontro 7 – Escape Room: Síntese e resolução final da missão – integra os conhecimentos por meio de um jogo de desafios, em que os estudantes devem resolver enigmas para “descobrir o antídoto” e concluir a missão.

Cada etapa possui fichas de atividades específicas, contendo orientações de execução, tempo estimado, materiais necessários, questões-problema e espaço para registro de respostas. Além disso, o produto inclui um Guia do Professor, com explicações metodológicas e sugestões de mediação, e um conjunto de materiais complementares, como cartas, tangrams, colmeia visual, rubricas de avaliação e modelos de mapas conceituais.

5.4 Aplicabilidade e orientações de uso

A aplicação do produto educacional foi planejada para turmas do Ensino Médio, preferencialmente do 2º ano, podendo ser adaptada a outras séries ou contextos. A sequência didática pode ser desenvolvida em aproximadamente 20 a 22 aulas (10 a 11 semanas) de 50 minutos, sendo cada missão equivalente a duas aulas.

A proposta exige um ambiente de aprendizagem que favoreça o trabalho colaborativo e a experimentação. Recomenda-se que as atividades sejam realizadas em grupos de quatro a cinco estudantes, com alternância entre momentos de exposição dialogada, resolução de problemas, uso de materiais manipulativos e reflexão coletiva.

O professor atua como mediador e orientador do processo investigativo, intervindo de forma pontual para provocar o raciocínio, apoiar a argumentação e promover a metacognição. As missões podem ser implementadas em diferentes espaços — sala de aula, laboratório de ciências ou ambiente externo —, de acordo com a disponibilidade da escola.

Além das instruções operacionais, o produto oferece sugestões de avaliação processual e formativa, contemplando critérios como:

- participação e cooperação nos grupos;
- clareza das explicações orais e escritas;
- uso da linguagem científica adequada;

- capacidade de estabelecer relações entre teoria e prática;
- postura investigativa e argumentação baseada em evidências.

Esses critérios estão alinhados às competências e habilidades da BNCC, especialmente:

- EM13CNT01 – compreender fenômenos naturais e processos tecnológicos;
- EM13CNT03 – investigar situações-problema e propor soluções;
- EM13CNT06 – comunicar resultados e argumentar com base em evidências científicas.

Por sua natureza interdisciplinar, a *Missão Estequiometria* também dialoga com as áreas de Ciências da Natureza, Linguagens e Matemática, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades de leitura, interpretação e resolução de problemas quantitativos em contextos científicos.

5.5 Avaliação e impacto pedagógico

A aplicação experimental do produto educacional revelou evidências significativas de aprendizagem e engajamento dos estudantes. Observou-se que, ao longo das etapas, os alunos demonstraram maior domínio das relações quantitativas envolvidas nas reações químicas e compreenderam melhor as conexões entre os conceitos de mol, massa e volume.

Os registros orais e escritos evidenciaram progressos na argumentação científica, com o uso mais frequente de justificativas baseadas em dados experimentais e na linguagem química adequada. A postura investigativa foi fortalecida pela dinâmica das missões, que exigiram cooperação, troca de ideias e resolução autônoma de desafios.

O caráter lúdico das atividades, especialmente na *Colmeia Estequiométrica* e no *Escape Room*, contribuiu para reduzir a ansiedade e aumentar o interesse dos estudantes, reforçando a importância das emoções e da curiosidade como motores da aprendizagem. Tais resultados estão em consonância com as perspectivas de Vygotsky (1998) sobre o papel da mediação social, de Piaget (1976) quanto à equilibrção progressiva e de Bachelard (1996) no enfrentamento dos obstáculos epistemológicos.

Do ponto de vista docente, o produto demonstrou ser um recurso formativo, estimulando a reflexão sobre práticas tradicionais e possibilitando novas formas de avaliação processual. Professores que acompanharam a aplicação destacaram a viabilidade e o potencial motivador das atividades, bem como sua adequação às realidades de escolas públicas.

5.6 Considerações sobre melhorias e possibilidades futuras

Embora os resultados tenham sido positivos, algumas limitações foram identificadas e apontam caminhos para aprimoramento. A principal delas refere-se à gestão do tempo durante as missões mais complexas, como o *Escape Room* e as *Estações de Aprendizagem*, que demandam um planejamento mais detalhado e flexibilidade na condução.

Sugere-se, para futuras aplicações, a criação de uma versão digital interativa do produto educacional, possibilitando que as fichas, desafios e colmeias sejam utilizados em ambientes virtuais de aprendizagem. Tal adaptação pode ampliar o alcance da proposta e torná-la acessível a contextos híbridos e remotos.

Outra possibilidade de expansão consiste na integração com temas contemporâneos da Química e da saúde pública, como sustentabilidade, uso racional de medicamentos e segurança alimentar, favorecendo novas contextualizações e ampliando a interdisciplinaridade.

Também se recomenda a realização de formações docentes baseadas no produto, de modo a disseminar práticas investigativas e fortalecer comunidades de aprendizagem entre professores da área de Ciências da Natureza.

5.7 Síntese conclusiva do capítulo

O produto educacional *Missão Estequiometria: Casos de Ensino em Química e Saúde* constitui a síntese prática e pedagógica desta pesquisa, traduzindo em material didático os princípios do ensino por investigação e da aprendizagem ativa. Sua estrutura modular e a abordagem contextualizada permitem que seja aplicado em diferentes realidades escolares, estimulando o protagonismo discente e o desenvolvimento de competências científicas e argumentativas.

A proposta demonstra que a integração entre teoria, investigação e ludicidade pode tornar o ensino de estequiometria mais significativo e prazeroso, aproximando o estudante do conhecimento científico de forma crítica e reflexiva.

Conclui-se que o produto cumpre duplo papel: como instrumento didático, favorece a aprendizagem de conceitos complexos; e como ferramenta formativa, inspira práticas docentes inovadoras que valorizam o diálogo, a cooperação e o raciocínio científico.

O capítulo seguinte apresenta as Considerações Finais da dissertação, sintetizando as contribuições teóricas e práticas da pesquisa, suas limitações e perspectivas de continuidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou compreender de que modo o uso de casos de ensino, articulados à abordagem investigativa, pode favorecer a aprendizagem dos conceitos de estequiometria em turmas do Ensino Médio. Ao longo do percurso metodológico, sustentado pelos referenciais de Piaget, Vygotsky e Bachelard, a proposta evidenciou que o ensino de Química, quando enraizado em situações contextualizadas e socialmente significativas, transforma-se em um espaço fértil para o desenvolvimento do pensamento científico, da argumentação e da autonomia intelectual dos estudantes.

O percurso investigativo revelou que a abstração conceitual da estequiometria — frequentemente apontada como uma das maiores dificuldades na aprendizagem da Química — pode ser superada por meio de experiências didáticas que aproximem o conteúdo da realidade dos alunos. A escolha pela temática *Química e Saúde*, expressa nos casos de ensino e nas estações de aprendizagem, mostrou-se acertada, pois proporcionou o reconhecimento da utilidade social da Química e conferiu sentido às operações cognitivas exigidas pelo conteúdo. Assim, a contextualização não se limitou à exemplificação, mas consolidou-se como um princípio epistemológico de construção de sentido, conforme defendem Wartha, Silva e Bejarano (2013), ao articular teoria, prática e criticidade.

Do ponto de vista metodológico, o uso do método Jigsaw, das missões científicas e do Escape Room temático demonstrou-se eficaz para promover engajamento, cooperação e protagonismo discente. Essas estratégias não apenas motivaram os estudantes, mas permitiram que os conceitos emergissem da resolução de problemas, e não da simples exposição de conteúdos. Observou-se, ainda, que a mediação docente, pautada em escuta ativa, questionamento orientador e feedback formativo, foi determinante para sustentar os avanços conceituais e evitar que o trabalho investigativo se reduzisse a uma atividade lúdica desprovida de intencionalidade pedagógica. Dessa forma, o papel do professor-mediador revelou-se essencial para a efetividade das metodologias ativas e para o desenvolvimento de um ambiente genuinamente investigativo.

Os resultados apontaram avanços qualitativos na compreensão das relações quantitativas entre reagentes e produtos, no domínio da linguagem científica e no raciocínio proporcional. As interações discursivas observadas ao longo da sequência indicaram um uso mais preciso do vocabulário técnico, explicações mais articuladas e maior coerência entre hipóteses e evidências, sinais concretos de evolução cognitiva e comunicativa. Além disso, o trabalho coletivo

possibilitou que estudantes com diferentes níveis de desempenho se apoiassem mutuamente, confirmando que a aprendizagem colaborativa pode ser também um espaço de equidade e inclusão.

Entretanto, a investigação revelou igualmente limitações e desafios. A ausência ocasional de alunos e o desnível nas habilidades matemáticas afetaram o ritmo de algumas atividades, exigindo replanejamento e reforço individualizado. Notou-se, ainda, que a manutenção do engajamento requer acompanhamento contínuo e diversidade de estratégias didáticas. Esses aspectos, contudo, não diminuem a relevância dos resultados; ao contrário, indicam caminhos de aprimoramento, como o fortalecimento da interdisciplinaridade com Matemática e Biologia e o uso de tecnologias digitais como suporte à investigação e à representação simbólica.

Sob o ponto de vista teórico, a pesquisa reafirma que a aprendizagem científica é um processo de reconstrução, simultaneamente cognitiva, social e cultural. Piaget (1978) lembra que o conhecimento nasce do desequilíbrio e da reconstrução ativa; Bachelard (1996) ensina que o erro é o motor do avanço intelectual; e Vygotsky (1984) demonstra que o pensamento se forma nas interações sociais mediadas pela linguagem. Essa tríade encontra, nesta dissertação, uma expressão prática concreta: o ensino de Química como ato investigativo, dialógico e reflexivo, capaz de unir rigor conceitual e relevância social.

O produto educacional *Missão Estequiometria: Casos de Ensino em Química e Saúde* representa uma contribuição concreta ao campo da Educação em Ciências, oferecendo aos docentes uma proposta replicável, flexível e teoricamente fundamentada. Sua estrutura modular, em conformidade com a BNCC e o Referencial Curricular Gaúcho, assegura coerência com as demandas do Novo Ensino Médio e reforça o papel do professor como mediador e pesquisador de sua própria prática.

Em síntese, esta pesquisa demonstra que ensinar estequiometria é também ensinar a pensar — a quantificar, argumentar, decidir e agir de modo fundamentado. Quando o estudante compreende que o cálculo químico está ligado à dosagem de um medicamento, à composição de um alimento ou ao impacto ambiental de uma reação, ele passa a reconhecer que a Química é uma ciência que explica, contextualiza e transforma a vida. É nesse encontro entre rigor e sentido, entre o número e o humano, que se revela a verdadeira potência formativa da Educação Científica.

Assim, a principal contribuição desta dissertação é reafirmar que a aprendizagem da Química pode e deve ser investigativa, contextualizada e humanizadora. Em um tempo em que a

escola é desafiada a formar sujeitos críticos e socialmente conscientes, propostas que integram ciência, ética e cidadania tornam-se não apenas desejáveis, mas necessárias. Que esta pesquisa inspire outros docentes a transformar suas aulas em laboratórios de pensamento e investigação, onde cada erro seja oportunidade, cada problema um desafio e cada conceito, uma ponte entre a Química e a vida.

Considera-se, portanto, que esta pesquisa cumpre sua finalidade ao propor uma alternativa metodológica viável e significativa para o ensino da estequiometria no Ensino Médio, sem a pretensão de oferecer respostas definitivas, mas sim abrir caminhos de reflexão e aprimoramento. O produto educacional *Missão Estequiometria* constitui-se como uma proposta aberta, passível de adaptação a diferentes contextos escolares e realidades docentes, reafirmando o compromisso da educação científica com a formação crítica, ética e humanizadora.

Como desdobramento deste estudo, sugerem-se novas investigações que explorem o potencial dos casos de ensino em outras áreas da Química ou em abordagens interdisciplinares com Biologia, Matemática e Linguagens, ampliando a compreensão sobre as formas de integrar ciência, tecnologia e sociedade no espaço escolar. Além disso, o uso de tecnologias digitais interativas e ambientes virtuais de aprendizagem pode constituir um campo fértil para pesquisas futuras, permitindo a expansão das práticas investigativas e o acompanhamento mais individualizado dos estudantes.

Por fim, acredita-se que o maior legado deste trabalho reside não apenas nos resultados obtidos, mas na mudança de olhar sobre o ensinar e o aprender Química: um olhar que reconhece o estudante como sujeito ativo da construção do conhecimento, o professor como mediador e pesquisador de sua prática, e a sala de aula como espaço de diálogo, descoberta e transformação. Que a *Missão Estequiometria* inspire novas experiências e reafirme que, quando o ensino de ciências encontra o sentido humano da investigação, o aprender torna-se não apenas possível, mas profundamente significativo.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. F.; CASTRO, R. C.; MOURA, L. D. *Casos de ensino como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Química. Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 13, n. 2, p. 34–52, 2022.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. *Ensino por investigação: o papel da problematização no ensino de ciências*. São Paulo: Cortez, 2004.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento objetivo*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BERNARDI, M. P.; PAZINATO, M. F. *Metodologias ativas e o ensino de Química: experiências investigativas no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, p. 85–98, 2022.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- BRASIL. *Caderno de Itinerários Formativos: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. *O ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Ensino de ciências: um ensino renovado*. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CHAVES, L. C. *Interdisciplinaridade e ensino de Química: caminhos para a integração curricular. Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 12, n. 4, p. 103–121, 2021.
- COLL, C. *Psicologia da educação escolar: teoria e prática*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- COSTA, R. S.; SOUZA, L. P. *O ensino de estequiometria e o raciocínio proporcional: desafios e possibilidades. Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 88–95, 2013.
- DECOTTIGNIES, J. L.; VASQUES, P.; FERNANDES, G. R. *Casos de ensino e a construção de competências investigativas em Ciências da Natureza. Ensino em Re-Vista*, v. 29, n. 1, p. 157–176, 2022.
- DEMO, P. *Educar pela pesquisa*. Campinas: Autores Associados, 1996.
- DEMO, P. *Pesquisa: princípio científico e educativo*. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- FAZENDA, I. C. A. *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*. 13. ed. Campinas: Papirus, 2011.

- FAVILA, A. P.; ADAIME, M. B. *Contextualização crítica no ensino de Química: implicações e desafios. Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 214–220, 2013.
- FERNANDES, M. R.; FERREIRA, L. A. *Casos de ensino e metodologias ativas na formação científica escolar. Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 14, n. 1, p. 102–119, 2023.
- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIL-PÉREZ, D. et al. *Para uma imagem não deformada do trabalho científico. Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.
- GÓMEZ, A.; ADÚRIZ-BRAVO, A. *El enfoque por investigación en la enseñanza de las ciencias: fundamentos y aplicaciones. Enseñanza de las Ciencias*, v. 25, n. 2, p. 223–236, 2007.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2011.
- MORAN, J. M. *Metodologias ativas para uma aprendizagem mais significativa*. São Paulo: Papyrus, 2015.
- MORTIMER, E. F. *Concepções dos estudantes sobre reações químicas. Química Nova na Escola*, v. 3, p. 22–26, 1996.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. *Atividade discursiva e a formação de conceitos no ensino de ciências. Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283–306, 2002.
- NIAZ, M.; MONTES, L. A. *Constructivist teaching and assessment in chemistry education: improving student achievement and conceptual understanding. Chemistry Education Research and Practice*, v. 13, n. 2, p. 150–161, 2012.
- OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1997.
- PIAGET, J. *A epistemologia genética*. São Paulo: Martins Fontes, 1973.
- PIAGET, J. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.
- POMBO, O. *Interdisciplinaridade e integração dos saberes*. Lisboa: Instituto Piaget, 2005.
- PORTUGAL, C. M. *Ensino de Química e Saúde: caminhos para a contextualização. Revista Brasileira de Ensino de Ciências*, v. 43, n. 2, 2023.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.
- RIO GRANDE DO SUL. *Referencial Curricular Gaúcho: Ensino Médio*. Porto Alegre:

Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul, 2021.

SALVINO, G. P. *Casos de ensino e aprendizagem de Química no contexto da saúde pública*. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 3, p. 14–29, 2024.

SANTOS, F. M. T.; MORAES, R. *Ensino de Química e o pensamento crítico-reflexivo: uma abordagem investigativa*. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 1, p. 15–25, 2019.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. *Tomada de decisão para ação social responsável: o papel da educação científica*. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 2, p. 253–272, 2002.

SASSERON, L. H. *O ensino por investigação e o desenvolvimento de práticas científicas escolares*. São Paulo: Cortez, 2013.

SCHEMBRI, A. C. *O ensino de estequiometria no contexto do cotidiano: uma proposta interdisciplinar*. *Revista Química Nova na Escola*, v. 35, n. 4, p. 192–200, 2013.

SILVA, D. P.; BETINI, A. C.; ALVES, M. A. *Desenvolvimento de habilidades cognitivas no ensino de Química por meio de metodologias ativas*. *Revista Ensino de Ciências e Matemática*, v. 9, n. 2, p. 44–61, 2018.

SILVA, E. F.; RODRIGUES, L. M. *A interdisciplinaridade no ensino de Química: desafios e possibilidades*. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 11, n. 1, p. 112–129, 2009.

SKINNER, B. F. *Ciência e comportamento humano*. São Paulo: Martins Fontes, 1968.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WARTHA, A.; SILVA, D.; BEJARANO, N. *Contextualização no ensino de Química: reflexões e perspectivas*. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 162–170, 2013.

WERTSCH, J. V. *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.


ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.


ZÔMPERO, A. F.; LABURU, C. E. *O ensino por investigação: reconstruindo o conhecimento científico na escola*. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 3, p. 573–592, 2011.

8. APÊNDICE A – TERMO DE ANUÊNCIA

A instituição Escola Estadual de Ensino Médio São Rafael, situada na cidade de Flores da Cunha, Estado do Rio Grande do Sul, autoriza a professora pesquisadora Fabiane Mascarello mestranda orientada pela Profa. Dra. Fernanda Miotto, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade de Caxias do Sul, a desenvolver uma pesquisa, que é parte da dissertação de mestrado **ENTRE A QUÍMICA E A VIDA: INVESTIGANDO CONCEITOS QUÍMICOS DE ESTEQUIOMETRIA POR MEIO DE CASOS DE ENSINO**. A sequência didática investigativa terá como participantes os discentes da segunda série do Ensino Médio e será realizada nas dependências da escola, tomando ciência de que as informações e os dados produzidos serão utilizados, unicamente, para fins da pesquisa, sem qualquer risco ou dano aos docentes participantes ou à Instituição.

Flores da Cunha, _____ de _____ de 2025.


Assinatura da pesquisadora


Assinatura e carimbo da instituição

Cláudia Garibaldi Salvador
Diretora
ID: 2968100.01

9. APÊNDICE B – RÚBRICA DE AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS

Este anexo apresenta a rubrica utilizada para a avaliação dos mapas conceituais elaborados pelos estudantes no Encontro 2 da intervenção pedagógica. O instrumento teve como finalidade orientar a análise das produções dos grupos, considerando tanto a organização dos conceitos químicos quanto a clareza das relações estabelecidas entre eles. Os critérios definidos na rubrica possibilitaram uma avaliação qualitativa dos mapas conceituais, contemplando aspectos conceituais, estruturais e visuais, de modo a subsidiar a interpretação dos resultados apresentados no Capítulo 4.

Critérios de Avaliação - Mapa Conceitual
Conceitos utilizados - clareza, relevância, hierarquia e abrangência dos conceitos
Palavras de Ligação - cruciais para articular as relações entre os conceitos.
Representatividade dos conteúdos - todos os conceitos fundamentais estão presentes e são apresentados com a devida importância
Criatividade - como o mapa é organizado e apresentado, originalidade e a clareza da organização visual
Utilização setas, círculos, quadrados, linhas - elementos visuais são ferramentas para organizar e apresentar os conceitos e suas relações de forma clara

10. APÊNDICE C - Jigsaw: Montagem do conhecimento

O método Jigsaw é uma sequência didática estruturada em etapas progressivas de construção coletiva, cujo nome remete à ideia de “Girar o Conhecimento”, cada participante contribui, escuta, reflete e reconstrói o saber em um movimento contínuo, conforme analisado no quadro 13 a seguir.

Quadro 13: Roteiro detalhado da metodologia do Jigsaw

Etapa	Descrição da Atividade	Objetivo Pedagógico	Tempo estimado
1. Formação dos Grupos Base	Dividir a turma em 4 grupos heterogêneos, com o mesmo número de componentes. Cada grupo representa uma “base de conhecimento compartilhado”.	Promover a interdependência positiva e o compromisso coletivo.	10 min
2. Distribuição dos Subtemas	Cada integrante recebe plaquinhas de um tipo de reação (Adição, Decomposição, Simples Troca, Dupla Troca). Discutem sobre o que cada placa está representado.	Estimular a responsabilidade individual no processo de ensino-aprendizagem.	10 min
3. Reunião dos Grupos de Especialistas	Alunos que receberam o mesmo tipo de placa (cátions, ânions, substância simples, substância composta) reúnem-se temporariamente para estudar e aprofundar o tema com apoio do professor e de materiais de referência.	Construir domínio conceitual e promover cooperação horizontal entre pares.	20 min
4. Retorno aos Grupos Base	Cada estudante retorna ao seu grupo original e explica o que estudou aos colegas, construindo coletivamente um resumo conceitual.	Favorecer a aprendizagem pela explicação e consolidação conceitual.	20 min
5. Produção do Síntese do Grupo	Os grupos elaboram juntamente com o professor um resumo coletivo representando as conexões entre os subtemas (tabela periódica, elemento químico, fórmula química, substâncias, tipos de reações, balanceamento)	Sistematizar o conhecimento e identificar relações entre conceitos.	20 min

6. Socialização e Discussão Mediada	Cada grupo apresenta sua síntese para a turma, e o professor conduz uma discussão reflexiva sobre as conexões e eventuais dúvidas.	Consolidar o conhecimento científico como construção coletiva e argumentativa.	10 min
7. Avaliação Formativa e Reflexiva	Os alunos registram em uma folha reflexiva o que aprenderam e quais dúvidas permaneceram.	Identificar percepções individuais e ajustar etapas futuras.	10 min

Fonte: Autora (2025)

11. APÊNDICE D - Colméia Estequiométrica



Figura 11: Hexágono para construção da colmeia estequiométrica

12. APÊNDICE E - Estações de Aprendizagem

MISSÃO CIENTÍFICA: SOS FLORES DA CUNHA – QUÍMICA EM AÇÃO PELA VIDA



CONTEXTO:

Vocês são uma equipe de jovens cientistas do Ensino Médio recrutados pela ONU Ambiental para uma missão crítica em Flores da Cunha (RS). A cidade enfrenta uma crise ambiental e farmacêutica:

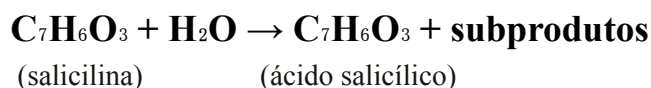
- Resíduos de medicamentos estão contaminando o Rio das Antas.
- Fábricas de fármacos estão com problemas no controle de qualidade.
- Agricultores relatam solo ácido devido a resíduos químicos.
- A população está preocupada com dosagens incorretas de remédios.

Sua missão é passar por 7 estações científicas, resolvendo desafios com cálculos, análises e reações químicas para salvar a cidade!

Estação 1: Extração de princípios ativo

Missão: Em Flores da Cunha, agricultores usam cascas de salgueiro para produzir ácido salicílico ($C_7H_6O_3$), um precursor natural da aspirina. Sua equipe precisa calcular quantas moléculas desse composto estão presentes no extrato obtido.

A extração do ácido salicílico a partir da salicilina presente na casca de salgueiro pode ser representada por:



para
Sua
do

Atividade:

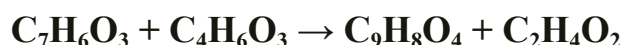
- Quantas moléculas de ácido salicílico são produzidas a partir de 500 L de água?

Estação 2: SOS dosagem de medicamentos



Missão: Uma farmácia local está produzindo aspirina artesanal para uma comunidade rural. Para evitar desperdícios, os cálculos precisam ser precisos. Calcular a dosagem correta de aspirina para um paciente.

Deseja-se produzir aspirina, a partir da reação:



Atividade:

Qual a massa de ácido salicílico ($C_7H_6O_3$) necessária para produzir 3,7 mol de aspirina ($C_9H_8O_4$)?

Estação 3: O veneno invisível no Rio das Antas

Missão: O descarte incorreto de paracetamol tem contaminado o Rio das Antas. 5 g de paracetamol foram encontrados num curso d'água. A oxidação do fármaco na água pode gerar gases tóxicos.



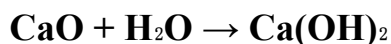
Atividade:

Quantos mols de NO_2 seriam produzidos?

Estação 4: Corrigindo o solo ácido



Missão: Ajustar o pH do solo com cal virgem (CaO). É uma reação exotérmica (libera calor).



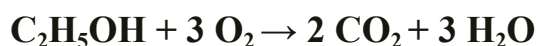
Atividade:

Quantos gramas de CaO são necessários para produzir 10 L de Ca(OH)_2 ?

Estação 5: Etanol e emissões na zona rural

Missão: Durante uma vistoria em propriedades rurais, foram encontrados fogões abastecidos com etanol. A emissão de CO_2 foi medida.

Foram queimados 378 g de etanol.



Atividade:

Quantos mols de CO_2 foram liberados?

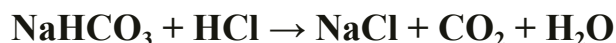


Estação 6: Antiácidos e o alívio químico



Missão: Uma fábrica local está desenvolvendo comprimidos antiácidos à base de bicarbonato de sódio para distribuição gratuita.

Cada comprimido contém 0,336 g de NaHCO_3 .



Atividade:

Qual o volume de CO_2 liberado (a 25°C e 1 atm)?

Estação 7: Investigação Forense – Degradação de Medicamentos no Organismo

Missão: Desvendar um caso de intoxicação por medicamentos em Flores da Cunha.

Um paciente foi encontrado com sintomas de overdose após tomar comprimido adulterado. Sua equipe, como peritos farmacêuticos, analisar a decomposição metabólica da dipirona ($\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{N}_3\text{NaO}_4\text{S}$) corpo humano para identificar o risco real.

Dados do Caso:

- Medicamento envolvido: Dipirona (analgésico comum).
- Massa do comprimido suspeito: 500 mg.



um
deve
no



- Sintomas do paciente: Náuseas e taquicardia (indicando possível liberação excessiva de enxofre no metabolismo).

Atividade:

Se 1 comprimido (500 mg) é metabolizado, quantos gramas de enxofre (S) são liberados?



13. APÊNDICE F - Casos de Ensino

Caso nº 1: A Medicação Certa: Questão de Vida ou Morte

Missão: Descobrir se um hospital está administrando doses erradas de um medicamento para febre.

Tarefa: Calcular a dosagem correta e verificar se há risco de superdosagem.

Uma jovem de 16 anos, estudante do segundo ano do Ensino Médio, foi levada às pressas ao hospital com febre alta e dores no corpo. Após avaliação médica, foi receitado um medicamento antitérmico e analgésico à base de paracetamol, administrado na forma líquida intravenosa. O médico prescreveu uma dose de 500 mg do medicamento a cada 6 horas. No entanto, o hospital dispõe do medicamento apenas em solução de concentração de 200 mg a cada 1 mL. Devido à gravidade do quadro clínico da paciente, o cálculo e a aplicação correta da dose são fundamentais.

Se você fosse responsável pela administração do medicamento, como poderia determinar o volume correto da solução que deve ser aplicada na paciente para obedecer à prescrição médica?

1. Questões de Desenvolvimento:

- a) Qual é a concentração em mg/mL do medicamento disponível no hospital?
- b) Considerando a concentração encontrada, qual volume da solução corresponde à dose de 500 mg prescrita pelo médico?
- c) Se a paciente precisar receber quatro doses por dia, quantos mililitros serão administrados no total?
- d) Caso seja necessário diluir a solução para facilitar a administração intravenosa, como você faria para obter uma solução com metade da concentração original? Que cálculos seriam necessários?

2. Para ir além

- I) Quais consequências poderiam ocorrer caso os cálculos estequiométricos fossem realizados incorretamente?
- II) Por que é importante entender a relação entre concentração, volume e massa ao administrar medicamentos?
- III) Em sua opinião, de que maneira o domínio desses cálculos influencia a qualidade e segurança no atendimento à saúde?

Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

Missão: Analisar se uma farmácia está vendendo medicamentos com concentrações diferentes das indicadas.

Tarefa: Realizar cálculos de concentração e verificar possíveis adulterações.

Em um posto de saúde local, uma criança foi trazida apresentando sinais graves de desidratação devido a um episódio prolongado de vômitos e diarreia. O médico responsável solicita rapidamente a preparação de uma solução de bicarbonato de sódio a 5% para iniciar o tratamento emergencial da criança, visando restaurar seu equilíbrio ácido-base. Você, responsável pelo preparo da solução no ambulatório, precisa garantir que a solução tenha exatamente a concentração prescrita para evitar complicações médicas.

- Questão Inicial:

Como você determinaria a quantidade exata de bicarbonato de sódio necessária para preparar corretamente 1000 mL de uma solução a 5%?

2. Questões de Desenvolvimento:

- a) O que significa uma solução com concentração a 5% (m/v)?
- b) Quantos gramas de bicarbonato de sódio devem ser pesados para preparar a solução solicitada pelo médico?
- c) Como você realizaria a preparação prática dessa solução no laboratório, considerando segurança e precisão?
- d) Se fossem necessários apenas 250 mL dessa solução, quantos gramas de bicarbonato seriam necessários?

3. Para ir além:

- I) Quais seriam as possíveis consequências para o paciente caso a concentração da solução preparada estivesse incorreta?
- II) De que maneira entender esses cálculos de concentração ajuda a prevenir erros no tratamento médico?
- III) Como você explicaria para outras pessoas a importância da precisão em preparações farmacêuticas ou médicas?

Caso nº 3 : Produzindo Hipoclorito: A Química na Linha de Frente Contra o Vírus

Missão: produzir exatamente 270 g de hipoclorito de sódio para abastecer hospitais da região, garantindo a eficácia e segurança do produto.

Tarefa: Calcular as quantidades precisas necessárias para sintetizar hipoclorito de sódio.

Durante a pandemia do novo coronavírus, as medidas de higiene tornaram-se extremamente importantes para prevenir a disseminação da doença. Uma das substâncias amplamente utilizadas para limpeza e desinfecção é o hipoclorito de sódio (NaClO), conhecido por seu poder bactericida e alvejante. Você trabalha em uma pequena indústria química responsável pela produção de soluções desinfetantes à base de hipoclorito. Para produzir o hipoclorito de sódio, é realizada uma reação química entre o gás cloro (Cl_2) e a soda cáustica (NaOH) em solução aquosa, formando hipoclorito de sódio, sal de cozinha e água. O seu desafio hoje é produzir exatamente 270 g de hipoclorito de sódio para abastecer hospitais da região.

1. Questão Inicial:

Qual é a importância de realizar corretamente os cálculos das quantidades dos reagentes para garantir a produção segura e eficaz do hipoclorito de sódio?

2. Questões de Desenvolvimento:

- a) Escreva e balanceie a reação química que descreve a obtenção do hipoclorito de sódio a partir do gás cloro (Cl_2) e da soda cáustica (NaOH).
- b) Determine a massa molecular do hipoclorito de sódio (NaClO) e do hidróxido de sódio (NaOH).
- c) Calcule quantos mols de hipoclorito de sódio (NaClO) correspondem aos 270 g que precisam ser produzidos.
- d) Usando as proporções molares da reação balanceada, calcule quantos mols e qual massa de hidróxido de sódio (NaOH) são necessários para obter a quantidade desejada de hipoclorito de sódio.

3. Para ir além:

- I) Qual poderia ser o impacto econômico e ambiental caso esses cálculos fossem realizados incorretamente na produção industrial?
- II) Por que o conhecimento de estequiometria é fundamental para profissionais que atuam diretamente na produção de substâncias químicas com aplicações práticas, como no combate a doenças?
- II) Como você comunicaria de forma simples e clara a importância desse conhecimento a colegas não especializados em química?

Caso nº 4: Descarte Seguro de Medicamentos: Protegendo o Meio Ambiente

Missão: Investigar se um rio da cidade está contaminado por medicamentos descartados incorretamente.

Tarefa: Calcular a quantidade de paracetamol presente na água e seus efeitos ambientais.

Uma farmácia precisa realizar o descarte correto e seguro de medicamentos vencidos para evitar danos ambientais e riscos à saúde pública. Atualmente, a farmácia tem 50 frascos vencidos de um medicamento contendo ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$). O procedimento recomendado envolve reagir o ácido acetilsalicílico com bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), formando ácido carbônico (H_2CO_3), que rapidamente se decompõe em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). A equação química balanceada da reação é:



Cada frasco possui 250 mg de ácido acetilsalicílico. Para neutralizar corretamente o medicamento, a reação química exige exatamente 1 mol de bicarbonato de sódio para cada mol de ácido acetilsalicílico.

1. Questão Inicial:

Por que é importante realizar o descarte seguro e químico de medicamentos vencidos, especialmente substâncias como o ácido acetilsalicílico?

2. Questões de Desenvolvimento:


- a) Identifique e confirme se a equação química apresentada acima está corretamente balanceada. Caso não esteja, faça seu balanceamento.
- b) Calcule a massa molecular do ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$) e do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).
- c) Determine quantos mols de ácido acetilsalicílico existem em cada frasco de 250 mg.
- d) Calcule quantos mols de bicarbonato de sódio serão necessários para descartar todos os 50 frascos.
- e) Finalmente, determine qual é a massa total de bicarbonato de sódio necessária para realizar todo o procedimento de descarte.

3. Para ir além:

- I) Que impactos ambientais podem surgir caso o descarte inadequado desses medicamentos ocorra?
- II) Como os conhecimentos de estequiometria podem contribuir para minimizar riscos ambientais em procedimentos de descarte químico?
- III) Como você explicaria para alguém sem conhecimentos específicos em química a importância desse tipo de procedimento de descarte seguro?

14. APÊNDICE G - Escape Room

ESCAPE ROOM: O Laboratório Perdido da Estequiometria

 Contexto: O Mistério do Antídoto Perdido


O renomado cientista Dr. Alquímico estava prestes a divulgar uma importante descoberta: um antídoto revolucionário capaz de curar diversas doenças desconhecidas. Porém, antes que pudesse revelar sua fórmula ao mundo, o laboratório entrou em bloqueio total.

Um aviso automático foi ativado:

"A segurança do laboratório foi comprometida. O acesso à fórmula do antídoto só será permitido àqueles que provarem seu conhecimento em química e estequiometria."


Os alunos da turma 201 foram chamados para resolver o mistério e desbloquear o laboratório. Para isso, precisarão enfrentar sete desafios científicos, decifrando códigos escondidos em reações químicas e cálculos estequiométricos.

Só há uma forma de escapar: resolver todos os desafios e decifrar o enigma final, que esconde a verdadeira composição do antídoto!

 Objetivo:

- Resolver problemas de estequiometria aplicados à saúde e à produção de medicamentos para obter códigos secretos.
- Abrir caixas trancadas que contêm pistas sobre a fórmula do antídoto.
- Reunir todas as pistas e completar o Tangram do Antídoto para revelar o composto final.


Fase 1: O Elemento Perdido


 **Desafio:** Durante os experimentos, o cientista estava analisando um composto desconhecido utilizado na fabricação de medicamentos. Ele registrou que a substância é formada apenas por carbono, hidrogênio e oxigênio e que 1 mol da substância pesa 46 g.

Após determinar a fórmula empírica do composto e usar os números dos átomos de cada elemento como código, resolva a questão que está na caixa para encontrar o último código.


Pista 1: Você sabe a massa molar do composto? Ela pode te ajudar a descobrir quantos átomos de cada elemento estão presentes.

Pista 2: A soma dos átomos do composto deve resultar em um número pequeno. Tente dividir a massa molar pelos elementos individuais.

 **Desafio:** Um soro experimental requer uma concentração de 0,15 mol/L. No laboratório tem apenas 30g do composto ativo (glicose, $C_6H_{12}O_6$). Qual o volume em mL de soro que pode ser preparado com essa quantidade?


 **Tarefa:** Realizar regra de três e encontrar o volume contido em 30g.


Fase 2: A reação misteriosa

 **Desafio:** A reação de combustão do propano (C_3H_8) produz dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Se 144g de propano reagem completamente, qual a massa de CO_2 produzida? Monte a reação química descrita balanceada para resolver a questão e encontrar o código que levará à próxima questão que está na caixa.


Pista 1: Antes de calcular qualquer valor, verifique se sua equação está balanceada! Os átomos dos reagentes devem ser iguais aos dos produtos.

Pista 2: Para encontrar a massa de um produto da reação, você precisa converter massa para mols, usar a proporção da equação e depois voltar para massa.

 **Desafio:** Uma carta revela a equação química incompleta: $2 Mg + O_2 \rightarrow ? MgO$.

 **Tarefa:** Balancear a equação e calcular a massa de óxido de magnésio (MgO) produzida a partir de 216g de magnésio (Mg).


Fase 3: A dose correta

 **Desafio:** Um paciente necessita de uma dose de 10g de um composto com fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sacarose). A solução disponível tem uma concentração de 0,1 mol/L. Qual o volume da solução, em mL, necessário para administrar a dose correta?

Após encontrar a resposta correta siga para a próxima etapa e busque descobrir o código que está na caixa.


Pista 1: “A concentração e o volume estão conectados pelos mols. Verifique a relação da massa com os mols.

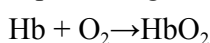
Pista 2: Lembre-se de converter unidades corretamente. Se a resposta for em litros, transforme para mL no final.

 **Desafio:** Um paciente precisa de 250 mg de paracetamol ($C_8H_9NO_2$) por dose. Quantos mols de paracetamol estão nessa dose?

 **Tarefa:** Usar a massa molar do paracetamol para calcular a quantidade de mols.

Fase 4: O oxigênio no sangue


 **Desafio:** A hemoglobina no sangue transporta oxigênio através da reação:

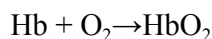


Sabemos que 5,0 g de hemoglobina (Hb) pode reagir com oxigênio. A massa molar da hemoglobina é aproximadamente 64.500 g/mol. Determine quantos mL de O_2 (CNTP) são consumidos. Após realizar o cálculo correto, retire a caixa com a questão que o levará ao código final.

Pista 1: Para determinar o volume de gás em CNTP, lembre-se da constante molar dos gases: 1 mol = 22,4 L.


Pista 2: Já que a equação está balanceada, a relação entre hemoglobina e oxigênio pode ser usada diretamente para descobrir quanto gás foi consumido.

 **Desafio:** A hemoglobina, uma proteína presente no sangue, transporta oxigênio para todo o corpo. Esse processo ocorre por meio da seguinte reação química:




Em um experimento, um frasco selado contém 432 g de gás oxigênio armazenado para estudo da oxigenação do sangue. O cientista deixou uma pista antes de desaparecer:

"A quantidade de oxigênio presente pode ligar-se a hemoglobina, formando um composto essencial para a vida. Mas para saber sua importância, primeiro descubra quantas moléculas desse gás estão disponíveis."


 **Tarefa:** Determinar quantas moléculas de O_2 existem no frasco e utilizar os quatro primeiros algarismos do resultado como código.


Fase 5: O gás misterioso

 **Desafio:** Um gás desconhecido é liberado em um experimento. Identifique o gás com base em sua densidade (1,25 g/L nas CNTP). Após descobrir o gás e sua massa, retire a questão da caixa para chegar ao código final.

Pista 1: Densidade (d) é massa dividida pelo volume. Como você pode usar isso para encontrar a massa molar do gás?

Pista 2: Compare a massa obtida com a massa de gases. Lembre-se que se não for um gás nobre, a representação da fórmula necessita de 2 moléculas.

 **Desafio:** Em um cenário de emergência médica, um paciente precisa ser anestesiado. Um gás desconhecido é encontrado em um cilindro rotulado como "Anestésico X". Uma análise laboratorial rápida determina que a densidade do gás é de 3,17 g/L nas CNTP.

 **Tarefa:** Calcular a massa molar do gás para identificar o anestésico e determinar qual é o mais seguro para uso. As opções de anestésicos são:

- Óxido nitroso (N_2O)
- Halotano ($\text{C}_2\text{HBrClF}_3$)
- Éter dietílico ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$)
- Isoflurano ($\text{C}_3\text{H}_2\text{ClF}_5\text{O}$)

Utilize a massa molar do anestésico como código.

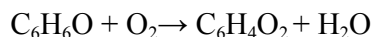
Fase 6: A solução certa

 **Desafio:**

No laboratório, o cientista estudava a produção de um antibiótico essencial para o tratamento de

infecções. Durante o processo, ocorre a oxidação de um composto orgânico de fórmula C_6H_6O , que reage com oxigênio para formar $C_6H_4O_2$ e água.

A equação balanceada é:




Antes de desaparecer, o cientista deixou uma pista em seu diário de anotações:

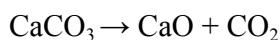
"Descubra quantos litros de oxigênio são necessários para reagir completamente com 31 g do reagente principal."

Utilize quatro dígitos da resposta como código e retire a questão da caixa para chegar ao código final.


Pista 1: Se a equação já está balanceada, basta usar massa molar e proporção para encontrar a quantidade de oxigênio necessária.

Pista 2: Cuidado ao converter a resposta final! Seu código pode estar em L, considerando as vírgulas.


 **Desafio:** O cientista deixou um frasco contendo carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Ele aqueceu o composto até a decomposição completa:



Sabemos que 35 g de $CaCO_3$ foram aquecidos. Determinar quantos mL de CO_2 (CNTP) foram liberados.

 **Tarefa:** Usar estequiometria para determinar o volume de gás produzido.


Fase 7: O remédio secreto

 **Desafio:** Uma reação química produz um composto com propriedades antivirais. A equação da reação é: $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Se 1230g de etano (C_2H_6) forem utilizados, quantos kilogramas de água (H_2O) serão produzidos?

Após calcular a massa de água, vá em busca do código retirando a questão que está na caixa.

Pista 1: A estequiometria da equação pode te ajudar a transformar gramas de reagente em gramas de produto. Use sempre a massa molar correta.

Pista 2: Na reação, primeiro descubra quantidade de massa em gramas e depois converta para kilogramas.

 **Desafio:** A reação entre hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) produz sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) e água (H_2O). Se 839g de $Al(OH)_3$ reagirem, qual o volume de água formada em mL?

 **Tarefa:** Montar a equação da reação balanceada e realizar o cálculo do volume em mL.

Fase final: A síntese do antídoto

 **Desafio Final:**

Após resolver todas as fases, cada código coletado ao longo do jogo representa uma peça de um Tangram. Esse Tangram é a chave para revelar a estrutura do antídoto.

 Tarefa:

1. Cada fase resolvida libera uma peça do Tangram.
2. Montar corretamente o Tangram, formando uma molécula que representa o antídoto.
3. O formato do Tangram será um hexágono, representando a estrutura de um composto medicinal (um anel benzênico).

PRODUTO EDUCACIONAL

MISSÃO ESTEQUIOMETRIA:

Uma proposta didática
investigativa com casos de
ensino sobre medicamentos



FABIANE MASCARELLO

FERNANDA MIOTTO

Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências e Matemática

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Título do Produto Educacional: Missão Estequiometria: uma proposta didática com casos de ensino sobre medicamentos

Autora: Fabiane Mascarello

Curso: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática

Instituição: Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências da Natureza

Nível de ensino: Ensino Médio

Ano/Série: 2º ano do Ensino Médio

Componente curricular: Química

Carga horária prevista: 20 aulas de 2 períodos de 50 minutos.

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio da rede pública de ensino

Temática central: Estequiometria aplicada ao contexto dos fármacos e medicamentos

Metodologias de ensino: Ensino por Investigação; Casos de Ensino; Aprendizagem Cooperativa (método Jigsaw); Metodologias Ativas; Gamificação

Objetivo do Produto Educacional: Subsidiar o ensino de estequiometria no Ensino Médio por meio de uma sequência didática investigativa e interdisciplinar, fundamentada em casos de ensino contextualizados no tema dos medicamentos, favorecendo a articulação entre conceitos químicos, matemáticos e situações do cotidiano.

Produto vinculado à dissertação: “Missão Estequiometria: uma proposta didática investigativa para o ensino de estequiometria no contexto dos medicamentos”

Ano de elaboração: 2025



TEXTO DE APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO AO(À) PROFESSOR(A),

Este Produto Educacional apresenta uma proposta didática voltada ao ensino de estequiometria no Ensino Médio, estruturada a partir de metodologias ativas e investigativas, com ênfase no uso de casos de ensino contextualizados no tema dos medicamentos. A sequência didática foi concebida como um apoio ao trabalho docente, buscando favorecer a articulação entre conceitos químicos, raciocínio matemático e situações do cotidiano dos estudantes.

As atividades propostas estão organizadas de modo progressivo, permitindo que os estudantes mobilizem conhecimentos prévios, confrontem ideias, construam explicações e desenvolvam estratégias de resolução de problemas em contextos significativos. Nesse sentido, o Produto Educacional não se configura como um roteiro fechado ou prescritivo, mas como uma proposta pedagógica aberta, passível de adaptação conforme o contexto escolar, o perfil das turmas, o tempo disponível e os objetivos de aprendizagem definidos pelo(a) professor(a).

A autonomia docente é, portanto, um princípio central deste material. Cabe ao(à) professor(a) selecionar, reorganizar, ampliar ou suprimir etapas da sequência didática, bem como adaptar os instrumentos de avaliação e as estratégias metodológicas às especificidades de sua prática pedagógica. As orientações apresentadas ao longo do produto têm caráter indicativo e formativo, oferecendo subsídios para a implementação das atividades, sem restringir a liberdade de escolha e de condução do processo de ensino.

Espera-se que este Produto Educacional possa contribuir como um recurso de apoio ao ensino de estequiometria, estimulando práticas pedagógicas investigativas, contextualizadas e reflexivas, em consonância com as demandas do Ensino Médio contemporâneo e com os documentos curriculares vigentes.

Desejamos uma excelente missão investigativa!

AUTORAS



Fabiane Mascarello



Fernanda Miotto

Professora na rede pública de ensino atuando como docente nas disciplinas de Química, Resolução de Problemas MAT-CNT e Aprofundamento de Área MAt-CNT. Graduada em Química Licenciatura Plena (2007) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), Especialista em Novas Metodologias para o Ensino de Ciências e suas Tecnologias (2011-UCS) e Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pela UCS.

Possui doutorado (2016) e mestrado (2010) em Engenharia e Ciência dos Materiais (2010) e Licenciatura Plena em Química (2007) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Atualmente é professora Adjunta I e permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul.

fmiotto@ucs.br
prof.fabiquimica@gmail.com

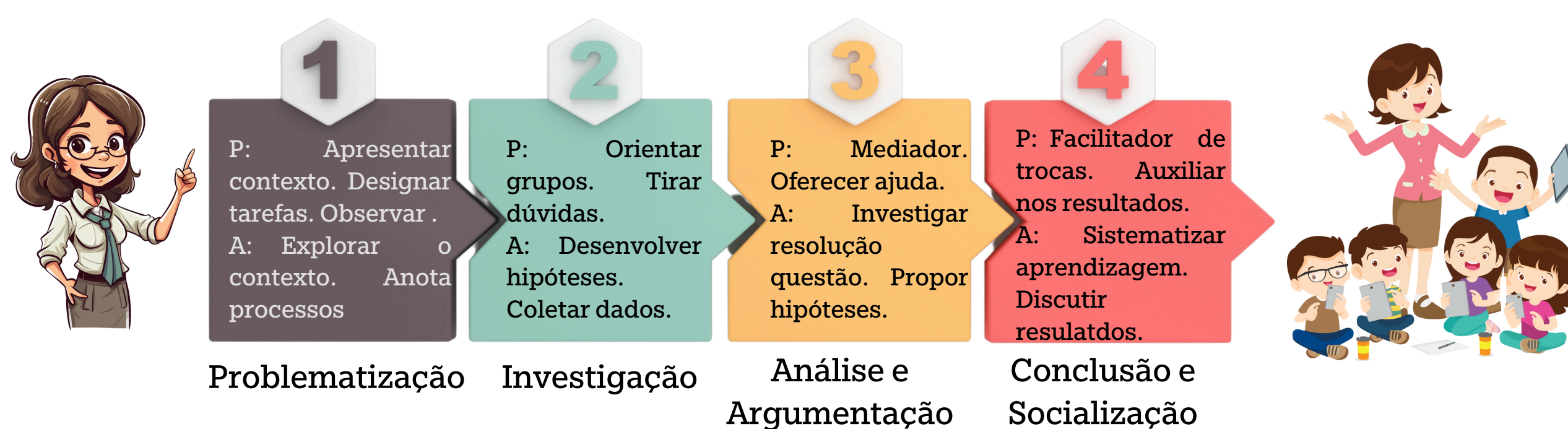
SUMÁRIO

Introdução.....	06
Missão 1 - Método Jigsaw : montagem do conhecimento.....	08
Missão 2 - Mapa Conceitual: organizando ideias e conexões	11
Missão 3 - Colmeia Estequiométrica : Conectando Conceitos.....	12
Missão 4 - Exemplos Associativos: Ativando e aplicando saberes.....	14
Missão 5 - Estações de Aprendizagem: ampliando desafios conceituais.....	17
Missão 6 - Casos de Ensino : Jornalismo Científico.....	22
Dossiê de Investigação científica - Caso 1.....	25
Dossiê de Investigação científica - Caso 2.....	28
Dossiê de Investigação científica - Caso 3.....	32
Dossiê de Investigação científica - Caso 4.....	35
Respostas.....	38
Missão 7 - Escape Room: O Laboratório Perdido da Estequiometria.....	44
Respostas	61
Mensagem Final.....	62
Bibliografia.....	63

1. INTRODUÇÃO

O ensino de estequiometria, tradicionalmente associado a cálculos e elevado nível de abstração, constitui um desafio recorrente no Ensino Médio, tanto para estudantes quanto para professores. Nesse contexto, o Produto Educacional Missão Estequiometria, destinado a turmas do 2º ano do Ensino Médio, apresenta-se como uma proposta didática que organiza o conteúdo em situações investigativas, articulando conceitos químicos a problemas contextualizados.

A proposta fundamenta-se no uso de casos de ensino integrados a uma abordagem investigativa, estruturando o processo de aprendizagem em etapas que envolvem a problematização inicial, a investigação orientada, a análise e argumentação dos dados e a socialização das conclusões. Essa organização busca favorecer a participação ativa dos estudantes e a construção progressiva dos conceitos científicos.



O eixo temático dos medicamentos foi adotado como elemento articulador das atividades, por possibilitar a contextualização dos conteúdos de estequiometria em situações relacionadas à saúde, à ética e à tomada de decisão científica. Dessa forma, os conceitos químicos são mobilizados a partir de problemas próximos à realidade dos estudantes, ampliando o sentido e a aplicabilidade do conhecimento escolar.

Cada missão é acompanhada de instrumentos de avaliação de caráter formativo, voltados à análise do raciocínio desenvolvido e dos processos investigativos mobilizados ao longo das atividades, e não apenas aos resultados finais. Nesse percurso, o papel do professor é o de mediador do processo de aprendizagem, orientando as discussões, auxiliando na sistematização dos conceitos e promovendo a reflexão crítica dos estudantes.

O Produto Educacional apoia-se nos pressupostos do Ensino por Investigação, conforme sistematizado por Carvalho (2013), compreendendo o ensino como um processo ativo de construção do conhecimento. Nessa perspectiva, os estudantes são convidados a levantar hipóteses, interpretar dados, argumentar com base em evidências e estabelecer relações entre teoria e prática.

A aplicação dessa abordagem nos casos de ensino elaborados na dissertação — que abordam situações relacionadas a erros em cálculos farmacêuticos, formulações de medicamentos e implicações éticas — permite que os alunos compreendam a estequiometria como uma ferramenta de resolução de problemas reais. Em cada caso, os estudantes são instigados a analisar informações, discutir hipóteses e propor soluções com base nas relações entre massa, mol, volume e partículas, estabelecendo uma conexão direta entre a teoria química e as situações concretas do cotidiano.

A investigação científica aplicada aos casos de ensino apresenta-se como um instrumento eficaz para ampliar a compreensão conceitual da estequiometria. Ao problematizar contextos autênticos e estimular o raciocínio lógico, o método favorece a passagem do conhecimento empírico para o conceitual, desenvolvendo competências cognitivas, comunicativas e éticas.

Assim, a Missão Estequiometria organiza-se como uma sequência de missões investigativas que articulam casos de ensino, estratégias colaborativas e situações-problema contextualizadas, oferecendo ao(à) professor(a) um material didático flexível, passível de adaptação conforme o contexto escolar, o perfil da turma e os objetivos pedagógicos definidos.

O Quadro 1, apresenta uma síntese dos principais elementos de cada missão e evidencia a progressão didática da proposta.

Quadro 1: Síntese de cada missão evidenciando principais recursos e o papel do professor.

Encontro / Missão	Duração Estimada	Objetivo Central	Principais Recursos / Estratégias	Papel do(a) Professor(a)
1. Método Jigsaw - Montagem do Conhecimento	100 min	Promover a construção colaborativa de conceitos fundamentais da estequiometria por meio do compartilhamento entre grupos de especialistas.	Textos de apoio, fichas de conceitos, quadro para síntese coletiva.	Organizar grupos, orientar leituras e promover o intercâmbio entre especialistas e base.
2. Colmeia Estequiométrica - Conectando Conceitos	100 min	Representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e partículas, integrando os saberes construídos no Jigsaw.	Folhas A4, hexágonos, marcadores, cola, mapa mental coletivo.	Mediação ativa; estimular a sistematização visual e a conexão entre os conceitos.
3. Exemplos Associativos - Aplicando Saberes	100 min	Aplicar os conceitos da colmeia em situações-problema contextualizadas envolvendo medicamentos.	Fichas de exercícios, colmeia, calculadora, discussão em duplas.	Orientar a resolução, oferecer feedback e incentivar a argumentação a partir dos erros.
4. Estações de Aprendizagem - SOS Flores da Cunha	150 min	Relacionar a estequiometria com questões de saúde e meio ambiente, por meio de desafios interdisciplinares.	Fichas de missão, roteiros de estação, calculadora, colmeia.	Garantir o rodízio entre estações, orientar a análise e conduzir a socialização dos resultados.
5. Casos de Ensino - Jornalismo Científico	450 min	Analisar e solucionar casos periciais sobre erros em medicamentos, desenvolvendo a argumentação e a ética científica.	Dossiês periciais, fichas de laudo, planilhas de cálculo, materiais de apoio.	Facilitar o debate, conduzir discussões, estimular a tomada de decisão e o pensamento crítico.
6. Escape Room - O Laboratório Perdido da Estequiometria	100 min	Consolidar o aprendizado de forma lúdica e colaborativa, resolvendo enigmas baseados em conteúdos de estequiometria.	Cartas de missão, pistas, materiais de apoio temático.	Atua como condutor do jogo, observa estratégias e auxilia quando necessário.



MISSÃO 1 – MÉTODO JIGSAW: MONTAGEM DO CONHECIMENTO

Esta primeira missão tem como propósito introduzir os fundamentos da estequiometria por meio de um processo colaborativo de investigação e troca de saberes. Inspirada no método Jigsaw, ou quebra-cabeça cooperativo, a atividade propõe envolver os estudantes na compreensão e no ensino de partes específicas do conteúdo, que são posteriormente compartilhadas com o grupo base, promovendo a corresponsabilidade e a interdependência positiva. Essa dinâmica, conforme defendem Aronson e Patnoe (2011), visa promover a cooperação e a aprendizagem mútua entre os pares, além de favorecer a autonomia, a argumentação e o pensamento crítico, elementos centrais no Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), estabelecendo as bases conceituais necessárias para as próximas etapas do produto educacional.

Objetivo: Promover a construção coletiva e investigativa dos conhecimentos iniciais de estequiometria, favorecendo a compreensão de conceitos fundamentais e suas relações no contexto da Química.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos cooperativos, organizados em grupos base e grupos de especialistas, conforme o método Jigsaw.

Materiais necessários: Placas ou fichas conceituais impressas (um conjunto por grupo de especialistas), quadro branco, cartolinas ou papel pardo, calculadoras simples e projetor multimídia (opcional).

Desenvolvimento da atividade: Inicialmente, organizar os estudantes em grupos base. Em seguida, atribuir a cada integrante um conjunto específico de conceitos relacionados à estequiometria, tais como cátions, ânions, elementos químicos e substâncias. Posteriormente, reunir os estudantes nos grupos de especialistas, nos quais deverão analisar os conceitos atribuídos, discutir exemplos, esclarecer dúvidas e construir explicações com apoio do professor. Após esse momento, orientar o retorno aos grupos base, para que cada estudante compartilhe os conhecimentos construídos nos grupos de especialistas, contribuindo para a resolução das questões propostas. Finalizar a atividade com uma discussão coletiva, promovendo a sistematização dos conceitos trabalhados.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação, a cooperação entre os estudantes e a clareza das explicações durante as discussões, com base na observação docente.

Orientações ao(à) professor(a): O professor atua como mediador do processo, organizando os grupos, orientando as leituras e promovendo a troca de conhecimentos entre os estudantes. A atividade pode ser adaptada quanto ao número de conceitos trabalhados ou à profundidade das discussões, conforme o perfil da turma e o tempo disponível. A inclusão de vídeos curtos ou exemplos experimentais simples pode ser considerada para enriquecer o trabalho dos grupos de especialistas.

Referência metodológica:

ARONSON, E. The Jigsaw Classroom. Beverly Hills: Sage, 1978.



- ✓ Variar os recursos: se possível, inclua vídeos curtos ou experimentos simples relacionados aos temas de cada especialista.
- ✓ Incentivar a autoria: estimular os grupos a criarem analogias, exemplos ou pequenas simulações para explicar os conceitos.

Instruções para Aplicação do Método Jigsaw

O método Jigsaw (ou quebra-cabeça cooperativo) consiste em uma estratégia de aprendizagem colaborativa que visa promover a responsabilidade individual e a interdependência positiva entre os estudantes. Nessa abordagem, cada participante assume o papel de especialista em uma parte do conteúdo e, posteriormente, compartilha seus conhecimentos com o grupo, favorecendo a construção coletiva do saber.

Etapas de aplicação:

- 1. Formar os grupos-base:** Organizar a turma em grupos heterogêneos, compostos por quatro a cinco estudantes. Atribuir a cada integrante cartas ou fichas conceituais que representem diferentes tipos de reações químicas. Orientar os estudantes a analisar, observar e compreender as informações contidas no material recebido.
- 2. Formar os grupos de especialistas:** Reunir os estudantes que receberam cartas do mesmo tipo em grupos de especialistas, denominados Cátions, Ânions, Elementos Simples e Substâncias. Nesses grupos, promover o estudo do conteúdo, o debate dos conceitos, a comparação de exemplos e a preparação de explicações conjuntas, com a mediação do professor.
- 3. Realizar a troca de conhecimentos:** Orientar o retorno dos estudantes aos grupos-base, de modo que cada integrante compartilhe com os colegas os conhecimentos construídos como especialista, utilizando suas próprias palavras e exemplos. Estimular os demais integrantes a realizar anotações, formular questionamentos e estabelecer relações entre os conceitos, com base nas questões orientadoras propostas pelo professor.
- 4. Promover a discussão final:** Encerrar a atividade com uma discussão coletiva, possibilitando que os grupos socializem suas conclusões e relacionem os conceitos aprendidos. Finalizar com a construção de um mapa conceitual síntese, representando as inter-relações entre os tipos de reações químicas e os princípios da estequiometria.

O Quadro 1 a seguir apresenta uma síntese das etapas de aplicação do método Jigsaw, destacando o papel do professor e dos estudantes em cada momento da atividade. Essa organização tem como objetivo facilitar a replicação da proposta em diferentes contextos escolares, permitindo que o docente visualize de forma clara as ações, os recursos necessários e as formas de mediação que favorecem a aprendizagem colaborativa e investigativa.

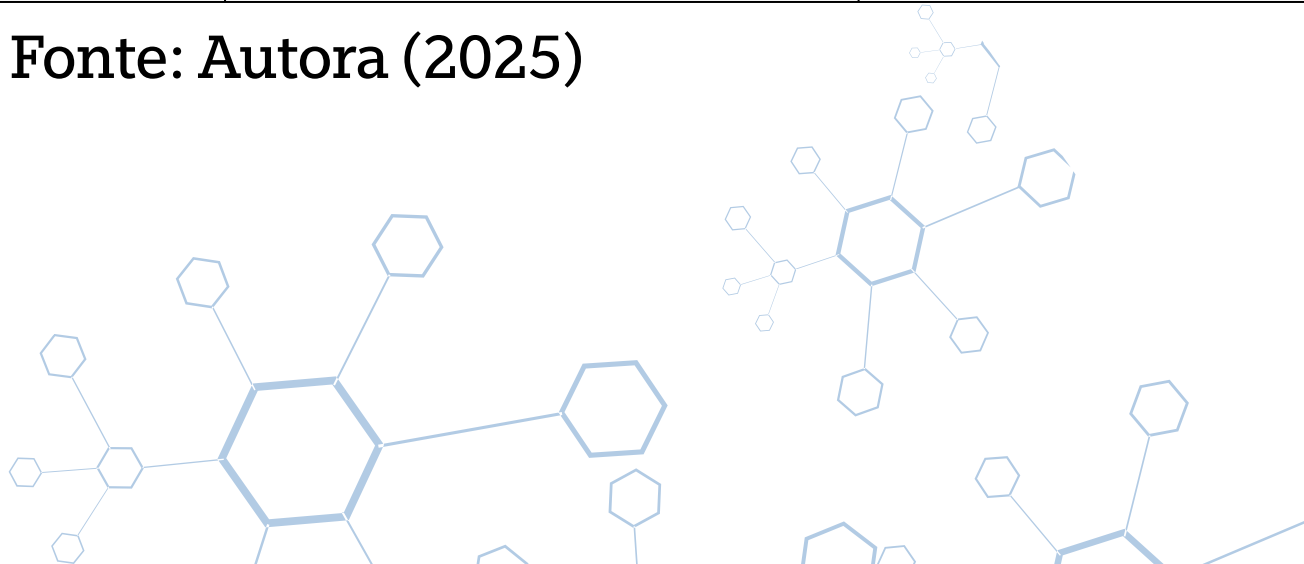
Quadro 1 – Síntese da Aplicação do Método Jigsaw

Etapa	Ação do Professor	Ação dos Estudantes	Recursos Didáticos
1. Formação dos grupos-base	Organizar a turma em grupos heterogêneos e distribuir cartas conceituais.	Analisar individualmente as informações da carta recebida.	Cartas ou fichas conceituais, quadro branco, canetas coloridas.
2. Formação dos grupos de especialistas	Reunir alunos por tema e orientar a troca de ideias.	Estudar, discutir e preparar explicações sobre o tema do grupo.	Materiais de apoio, textos curtos, quadro para anotações.
3. Troca de conhecimentos	Orientar o retorno aos grupos-base e acompanhar as explicações.	Ensinar aos colegas o conteúdo aprendido; registrar dúvidas e conclusões.	Fichas de síntese, caderno de anotações, material de consulta.
4. Discussão final e sistematização	Mediar o debate coletivo e guiar a construção do mapa conceitual.	Compartilhar conclusões, discutir aplicações e construir o mapa conceitual.	Cartolina, marcadores, modelo de mapa conceitual.

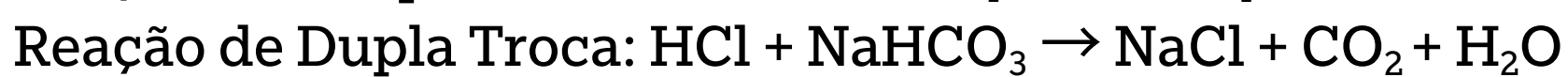
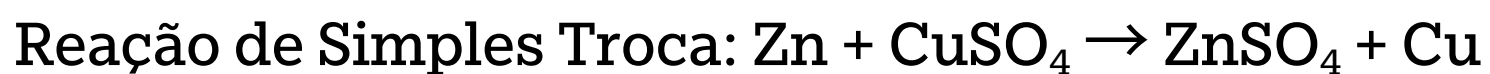
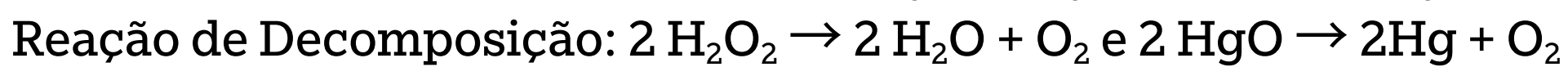
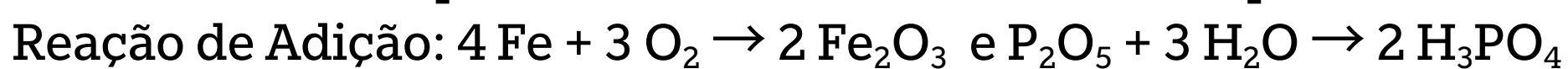


- ✓ Valorizar o papel de cada estudante no grupo, reforçando que todos são essenciais para o aprendizado coletivo
- ✓ Utilizar fichas de observação ou anotações rápidas para acompanhar o envolvimento, as explicações e a colaboração entre os alunos, facilitando a avaliação formativa.

Fonte: Autora (2025)



Exemplo de cartas a serem distribuídas para os estudantes:



Fe^{+3}	H^{+1}	Zn	Cu^{+2}	Na^{+1}	Cl^{-1}
O^{-2}	H_2O_2	SO_4^{-2}	Zn^{+2}	H^{+1}	O^{-2}
O_2	O^{-2}	H^{+1}	Cl^{-1}	H^{+1}	Cl^{-1}
Fe	O_2	Na^{+1}	OH^{-1}	Na^{+1}	Cl^{-1}
CO_2	H^{+1}	P^{+5}	H^{+1}	Cu	H_2O
O^{-2}	NaHCO_3	PO_4^{-3}	H_2O	Cl_2	SO_4^{-2}
Redator	Redator	Hg^{+2}	O^{-2}	KCl	K^{+1}
Redator	Redator	Hg	O_2	Br_2	Br^{-1}

Após troca de conhecimento com os colegas, considere a(s) reação(ões) química(s) do seu grupo e respondam às questões:

- 1) Como prever a fórmula de um composto a partir de cargas dos íons?
- 2) Como podemos definir qual o tipo de reação química?
- 3) Como se pode identificar a ocorrência de reações químicas?
- 4) O tipo de reação do seu grupo pode ser identificado por alguma evidência?
- 5) Qual a importância da conservação da massa nas reações químicas?
- 6) Monte a reação química e faça seu balanceamento.



- ✓ Varie os recursos: se possível, inclua vídeos curtos ou experimentos simples relacionados aos temas de cada especialista.
- ✓ Incentive a autoria: estimule os grupos a criarem analogias, exemplos ou pequenas simulações para explicar os conceitos.

MISSÃO 2 – MAPA CONCEITUAL: ORGANIZANDO IDEIAS E CONEXÕES

Nesta segunda missão, os estudantes aplicam o conhecimento construído na Missão 1 (método Jigsaw) para elaborar coletivamente um mapa conceitual, representando as conexões entre massa, mol, volume e partículas. Essa atividade tem como propósito organizar e hierarquizar os conceitos da estequiometria, possibilitando que os alunos visualizem as relações entre os conteúdos de forma integrada e significativa. De acordo com Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais constituem instrumentos eficazes para a representação gráfica do conhecimento e para a promoção da aprendizagem significativa, pois permitem ao estudante estabelecer relações entre conceitos previamente adquiridos e novos conteúdos em construção.

Objetivo da missão: Representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e número de partículas, integrando os conhecimentos construídos na Missão 1.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em pequenos grupos.

Materiais necessários: Folhas A4 ou cartolina, livro didático, canetas coloridas, cola e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Disponibilizar aos grupos o livro didático contendo os conceitos fundamentais da estequiometria. Orientar os estudantes a organizar os hexágonos de modo a representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e número de partículas, construindo um mapa conceitual coletivo. Durante a atividade, incentivar a reorganização sempre que novas relações forem identificadas, favorecendo a construção progressiva do mapa conceitual.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes e a coerência das relações estabelecidas entre os conceitos.

Orientações ao(a) professor(a): A quantidade de conceitos e o nível de complexidade das relações podem ser ajustados conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos.



- ✓ Permitir que os grupos personalizem com cores, ícones ou setas, reforçando as ligações conceituais.
- ✓ Reorganizar o mapa como um único mapa conceitual da turma.



MISSÃO 3 – COLMEIA ESTEQUIOMÉTRICA: CONECTANDO CONCEITOS

Os estudantes devem utilizar o material construído como apoio para resolver exemplos práticos, estações de aprendizagem e casos de ensino. Essas atividades tem o propósito de reforçar as relações entre os conceitos de massa, mol, volume, e proporções e rendimento, funcionando como ponte entre a teoria e a prática. Assim poderão aprender de forma gradual, como aplicar a colmeia estequiométrica na resolução de situações contextualizadas especialmente em temas relacionados a medicamentos e área da saúde.

Objetivo da missão: Organizar e integrar os conceitos fundamentais da estequiometria, estabelecendo relações entre massa, mol, volume e número de partículas por meio de uma representação gráfica coletiva.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida individualmente.

Materiais necessários: Folhas A4 ou cartolina, hexágonos impressos, canetas coloridas, tesoura e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Disponibilizar aos grupos os hexágonos. Orientar os estudantes a organizar os hexágonos de forma articulada, construindo uma colmeia conceitual que represente graficamente as relações entre essas grandezas. Incentivar a discussão coletiva dentro dos grupos, de modo que os estudantes justifiquem a disposição dos hexágonos e revisem as conexões estabelecidas sempre que necessário. Durante a atividade, promover intervenções pontuais, auxiliando na identificação de relações inadequadas e na reorganização conceitual, sem fornecer respostas prontas.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes, a coerência das relações estabelecidas entre os conceitos e a capacidade de justificar as conexões representadas na colmeia.

Orientações ao(a) professor(a): A colmeia estequiométrica pode ser retomada e ampliada ao longo da sequência didática, funcionando como um organizador visual para a resolução de situações-problema posteriores.

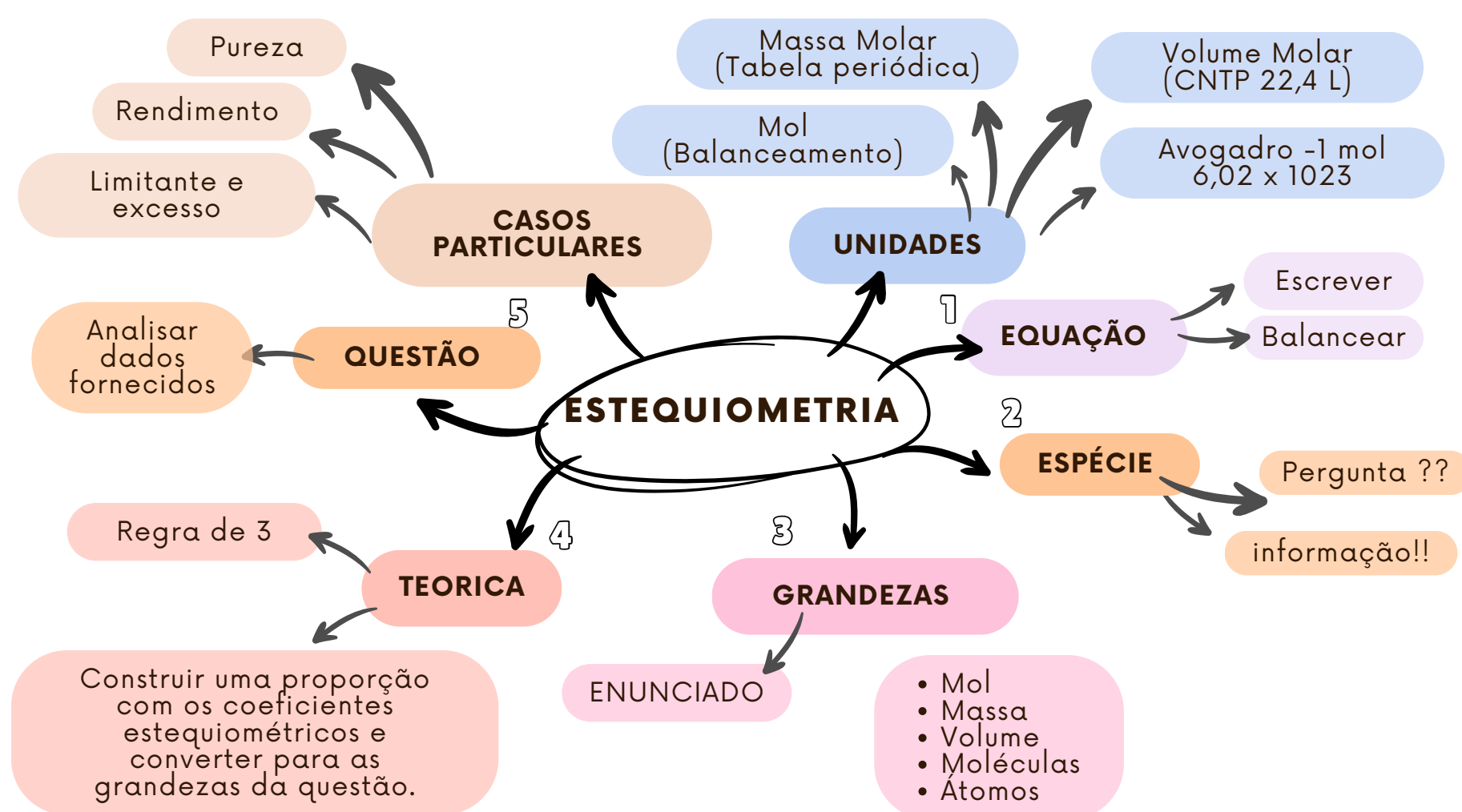
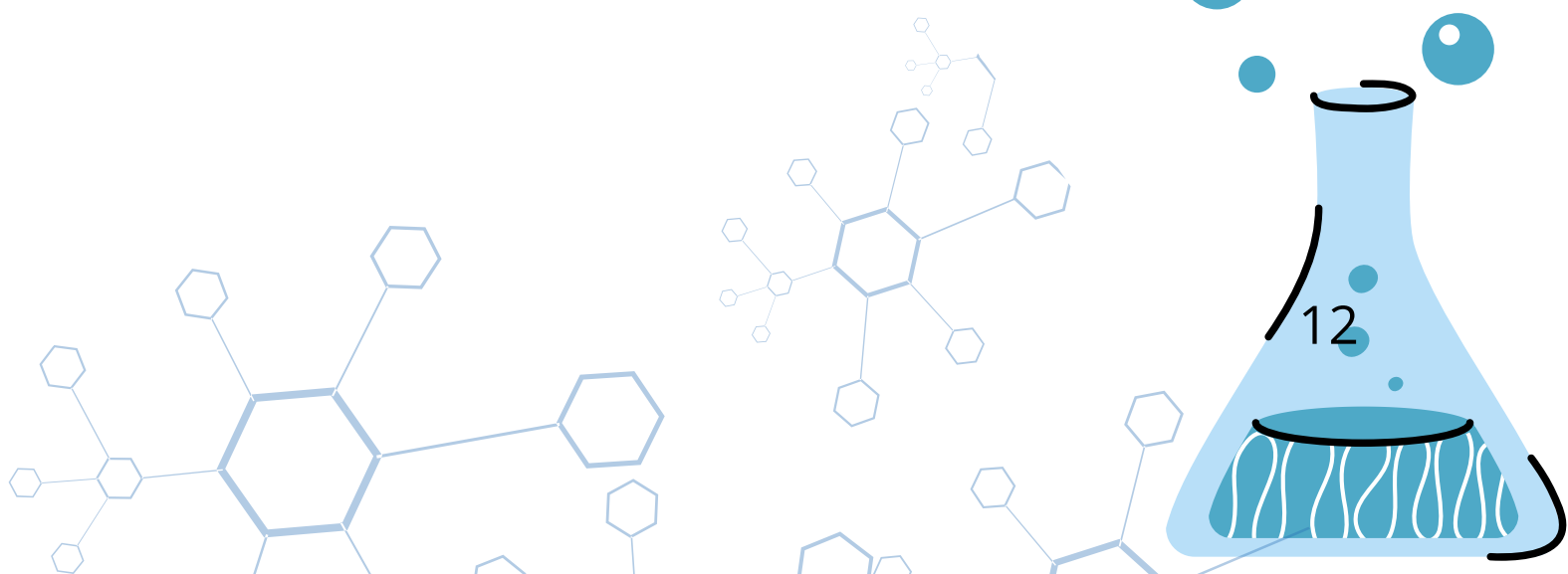


Figura 1 – Mapa mental dos conceitos fundamentais de estequiometria utilizado como referência para a construção da Colmeia Estequiométrica.

Fonte: elaborado pela professora-autora (2025).



✓ Usar a colmeia como mural interativo na sala: fixar em papel kraft ou cartolina para que os hexágonos possam ser reposicionados conforme a atividade.



O mapa mental a seguir, figura 2, intitulado Colmeia Estequiométrica, deve ser utilizado como recurso introdutório para apresentar e explicar os conceitos fundamentais de estequiometria. Esse material serve como base conceitual para que os alunos construam suas próprias Colmeias Estequiométricas durante as atividades. O modelo pode ser impresso e utilizado por outros professores como apoio didático na introdução do tema auxiliando na visualização e organização dos principais conceitos.

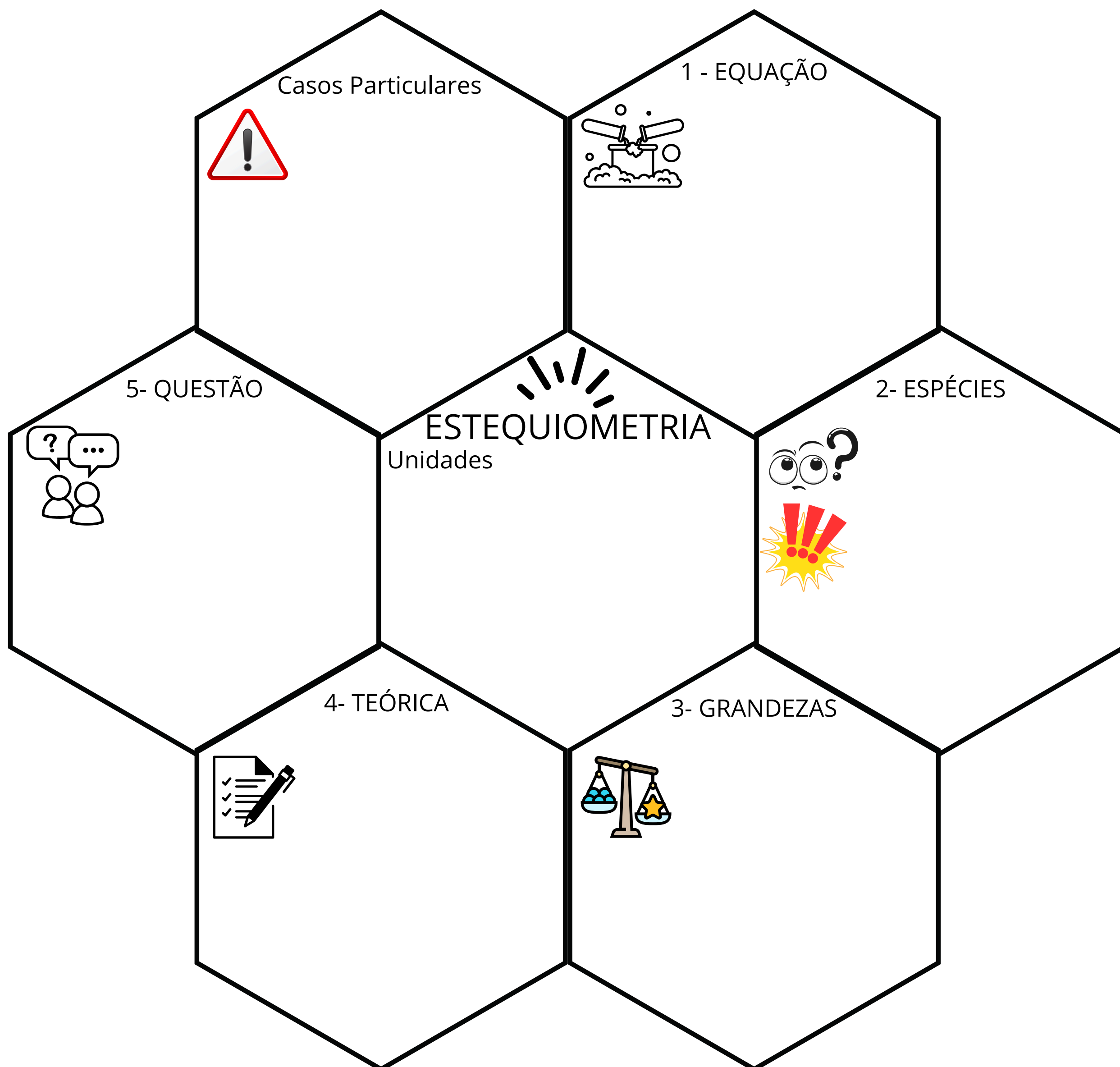
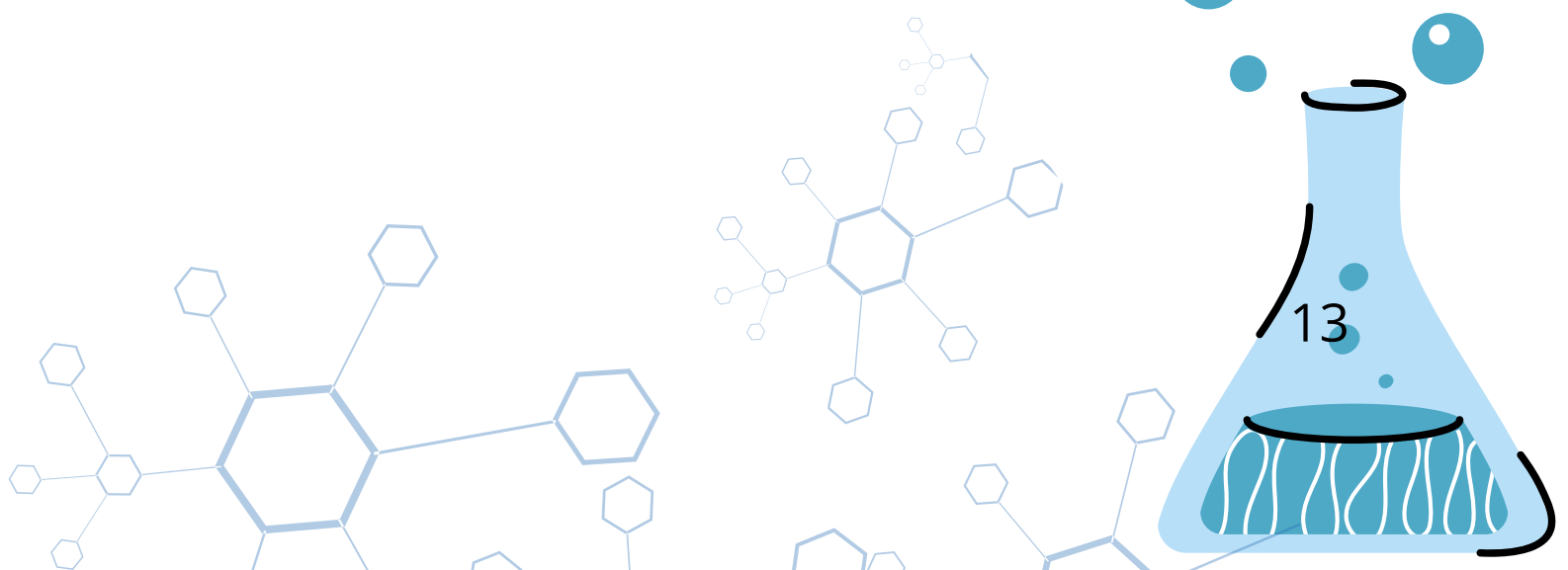


Figura 2 – Colmeia Estequiométrica: modelo visual para impressão e utilização em sala de aula como recurso de sistematização dos conceitos de estequiometria.

Fonte: elaborado pelas professora-autora (2025).



✓ Decore a colmeia estequiométrica, recorte e dobre para que vire um hexágono.



MISSÃO 4 – EXEMPLOS ASSOCIATIVOS: ATIVANDO E APLICANDO SABERES

Exemplos associativos, que visam reforçar as conexões entre os conceitos abordados (massa, mol, volume, partículas, proporções e rendimento). Esses exemplos servem como ponte entre a teoria e a prática, permitindo que os alunos compreendam, de forma progressiva, como aplicar a colmeia para resolver situações contextualizadas com medicamentos e saúde, preparando-os para os desafios investigativos das próximas missões.

Objetivo da missão: Aplicar os conceitos de estequiometria por meio da resolução de exemplos associativos, utilizando a colmeia estequiométrica como suporte para a organização do raciocínio químico-matemático.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em duplas.

Materiais necessários: Fichas com exemplos associativos, colmeia estequiométrica, calculadora e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Propor exemplos associativos que envolvam situações contextualizadas relacionadas a medicamentos e dosagens. Orientar as duplas a realizar a leitura cuidadosa dos enunciados, identificar as grandezas envolvidas, estabelecer as relações necessárias entre massa, mol e volume e resolver os cálculos propostos com apoio da colmeia estequiométrica. Estimular a discussão entre os pares, favorecendo a explicitação das estratégias de resolução e a revisão de possíveis equívocos conceituais ao longo da atividade.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação das duplas e a coerência dos procedimentos adotados na resolução dos exemplos.

Orientações ao(à) professor(a): Selecionar ou adaptar os exemplos conforme o contexto da turma e o tempo disponível. Utilizar erros recorrentes como oportunidades para retomada conceitual e aprofundamento do raciocínio estequiométrico.

Exemplos Associativos: do conceito à aplicação

1

Leia com atenção o enunciado dos exemplos e anote as informações.

2

Verifique e analise quais são as grandezas envolvidas na pergunta e na informação.

3

Tire suas dúvidas com o professor e discuta com seus colegas a situação.

4

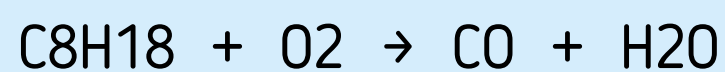
Monte a regra de 3. Analise novamente os dados fornecidos.



✓Adapte o Questionário Diagnóstico ao seu contexto: Use formas diferentes de aplicação como o Google Forms.
✓Explore erros comuns como ponto de partida: destaque erros conceituais recorrentes e utilize-os como exemplos de partida nos exercícios.

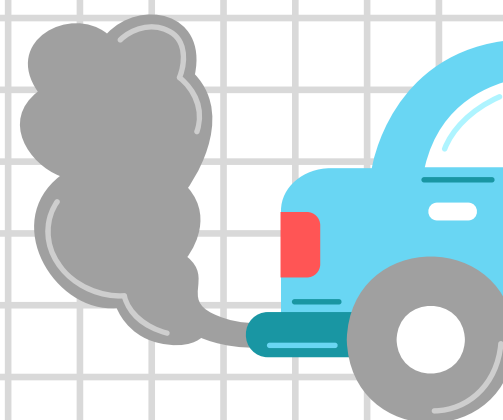
Exemplo 1

Motores a combustão podem produzir monóxido de carbono (CO), um gás tóxico. A queima incompleta da gasolina (C₈H₁₈) pode ser representada por



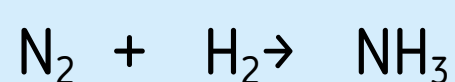
Se um veículo libera 5,0 kg de CO em um dia, qual a quantidade mínima de O₂ consumida em átomos?

Resposta:



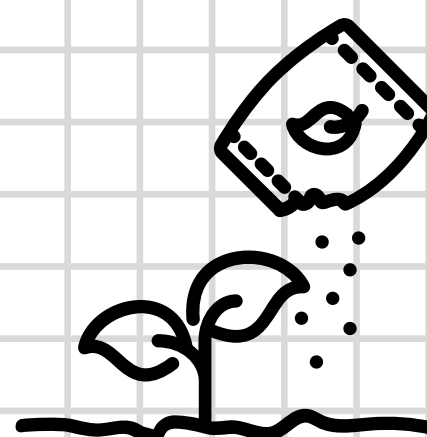
Exemplo 2

A produção de amônia é essencial para fertilizantes. O processo Haber-Bosch segue a equação:



Se uma indústria precisa produzir 100 kg de amônia, qual a massa mínima de hidrogênio necessária em gramas?

Resposta:



Exemplo 3

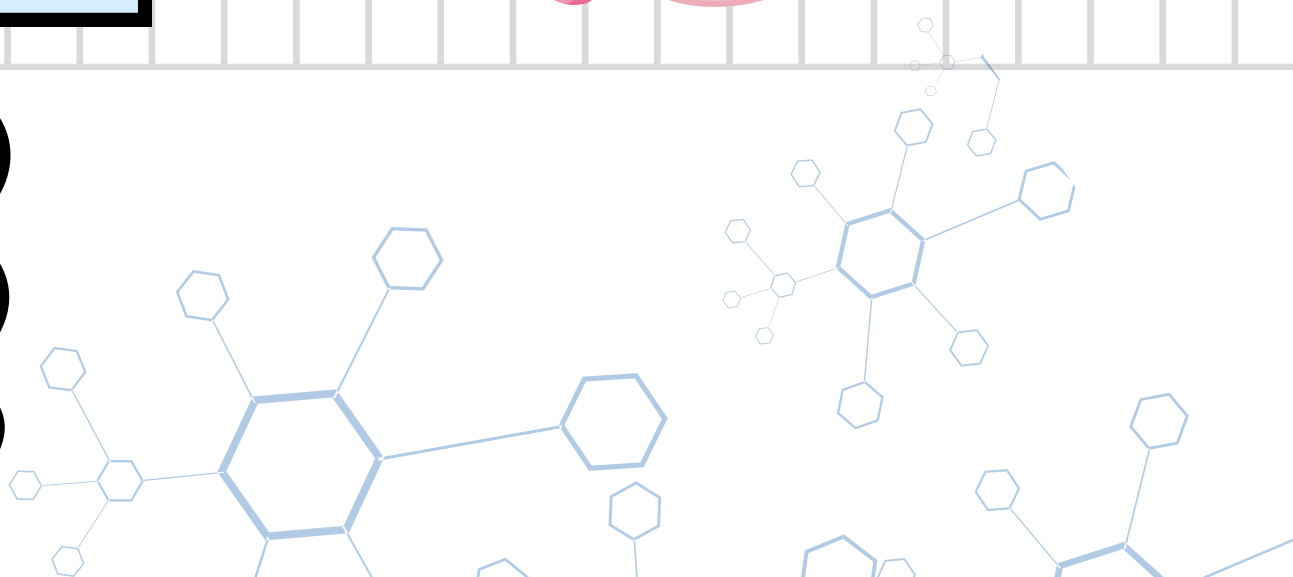
Os antiácidos, como o hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂), neutralizam o ácido clorídrico (HCl) do estômago, produzindo sal e água. Se uma pessoa ingeriu 1,5 g de Mg(OH)₂, qual a quantidade em mols de HCl que será neutralizada?

Dado: monte a equação descrita balanceada.

Resposta:



✓Adapte os exemplos associativos à realidade da sua comunidade e da sua escola.
✓Destaque erros conceituais recorrentes e utilize-os como exemplos de partida nos exercícios.



Exemplo 4

O paracetamol ($C_8H_9NO_2$) é metabolizado no fígado e pode reagir com o oxigênio conforme a equação:



Se uma pessoa ingerir 500 mg de paracetamol, quantas moléculas de CO_2 serão produzidas em sua metabolização?

Resposta:



Respostas:

- 1) R: $1,14 \cdot 10^{24}$ átomos O_2
- 2) R: 17 647, 05 g H_2
- 3) R: 0,051 mol HCl
- 4) R: $1,59 \cdot 10^{23}$ moléc. CO_2



✓Se considerar necessário poderá acrescentar mais exemplos associativos.
✓A utilização da colmeia estequiométrica é opcional. Poderá utilizar outros materiais de apoio.



MISSÃO 5 – ESTAÇÕES DE APRENDIZAGEM : AMPLIANDO DESAFIOS CONCEITUAIS

As estações de aprendizagem organizam diferentes situações-problema sobre um mesmo tema, distribuídas em espaços distintos da sala de aula, pelos quais os estudantes circulam em pequenos grupos. Nesta missão, essa estratégia é utilizada para ampliar progressivamente o nível de desafio conceitual e procedimental, por meio de atividades contextualizadas relacionadas à estequiometria, aos medicamentos e a questões de saúde e meio ambiente.

Objetivo: Ampliar o raciocínio estequiométrico por meio da resolução de situações-problema investigativas, integrando conceitos químicos e matemáticos em contextos relacionados à saúde, aos medicamentos e ao meio ambiente.

Tempo estimado: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos, organizados em sistema de rodízio entre estações de aprendizagem.

Materiais necessários: Roteiros das estações de aprendizagem, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio específicos de cada estação.

Desenvolvimento da atividade: Organizar a sala em estações de aprendizagem, cada uma contendo uma situação-problema distinta. Orientar os grupos a circular pelas estações em tempo previamente determinado, realizando a leitura dos enunciados, identificando as grandezas envolvidas, estabelecendo as relações necessárias e registrando as soluções propostas. Estimular a discussão entre os integrantes do grupo e o uso da colmeia estequiométrica como apoio à organização do raciocínio. Ao final do rodízio, promover uma socialização coletiva, discutindo as estratégias adotadas e as dificuldades encontradas nas diferentes estações.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos grupos, a coerência das soluções apresentadas e a capacidade de articular conceitos químicos, matemáticos e contextuais.

Orientações ao(a) professor(a): Ajustar o número de estações, o tempo de permanência e o nível de complexidade das situações-problema conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos. As estações podem ser reorganizadas, reduzidas ou reutilizadas em outros momentos da sequência didática, conforme a necessidade.

CONTEXTO:

Vocês são uma equipe de jovens cientistas do Ensino Médio recrutados para uma missão crítica nesta cidade. A cidade enfrenta uma crise ambiental e farmacêutica:

- Resíduos de medicamentos estão contaminando rios.
- Fábricas de fármacos estão com problemas no controle de qualidade.
- Agricultores relatam solo ácido devido a resíduos químicos.
- A população está preocupada com dosagens incorretas de remédios.

Sua missão é passar por 7 estações científicas, resolvendo desafios com cálculos, análises e reações químicas para salvar a cidade!



- ✓ Contextualização com problemas reais da comunidade local: incluir reportagens locais.
- ✓ Adição de uma estação experimental: realizar uma mini prática simples (ex: identificação de pH em medicamentos), ou reduzir o número de estações.





Estação 1: Extração de princípios ativos

Missão: Em Flores da Cunha, agricultores usam cascas de salgueiro para produzir ácido salicílico ($C_7H_6O_3$), um precursor natural da aspirina. Sua equipe precisa calcular quantas moléculas desse composto estão presentes no extrato obtido.

A extração do ácido salicílico a partir da salicilina presente na casca do salgueiro pode ser representada por:



Atividade:

- Quantas moléculas de ácido salicílico são produzidas a partir de 500 L de água?

Estação 2: SOS dosagem de medicamentos



Missão: Uma farmácia local está produzindo aspirina artesanal para uma comunidade rural. Para evitar desperdícios, os cálculos precisam ser precisos. Calcular a dosagem correta de aspirina para um paciente.

Deseja-se produzir aspirina, a partir da reação:



Atividade:

Qual a massa de ácido salicílico ($C_7H_6O_3$) necessária para produzir 3,7 mol de aspirina ($C_9H_8O_4$)?

ESTAÇÃO 3: O VENENO INVISÍVEL NO RIO

Missão: O descarte incorreto de paracetamol tem contaminado um rio. 5 g de paracetamol foram encontrados num curso d'água. A oxidação do fármaco na água pode gerar gases tóxicos.



Atividade:

Quantos mols de NO_2 seriam produzidos?



ESTAÇÃO 4: CORRIGINDO O SOLO ÁCIDO

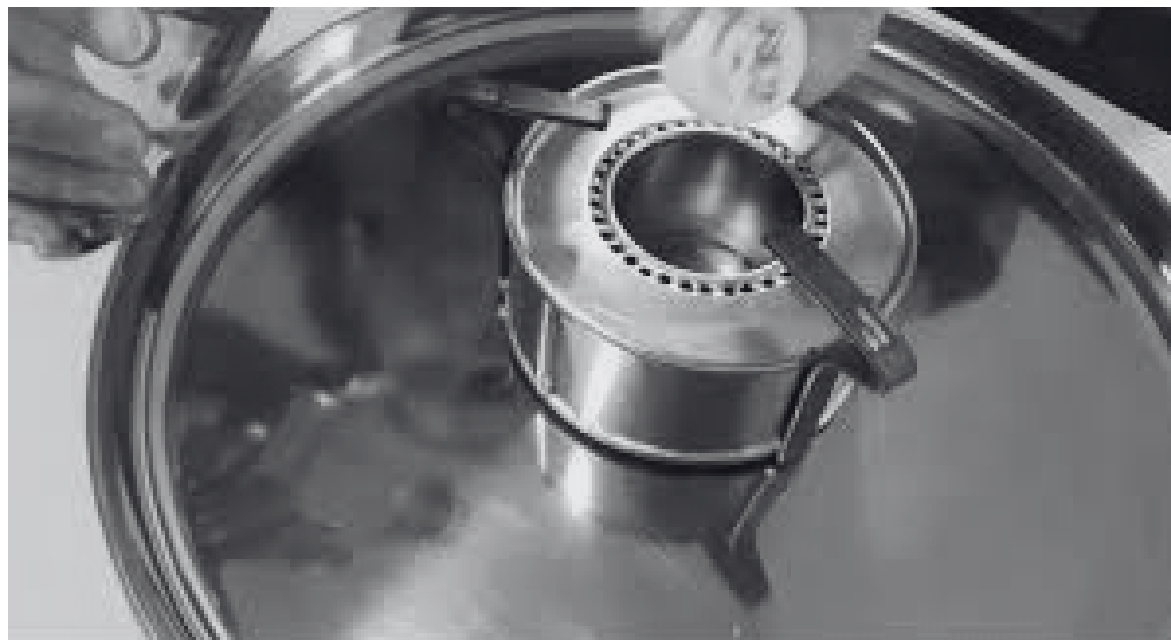
Missão: Ajustar o pH do solo com cal virgem (CaO). É uma reação exotérmica (libera calor).



Atividade:

Quantos gramas de CaO são necessários para produzir 10 L de $Ca(OH)_2$?





ESTAÇÃO 5: ETANOL E EMISSÕES NA ZONA RURAL

Missão: Durante uma vistoria em propriedades rurais, foram encontrados fogões abastecidos com etanol. A emissão de CO_2 foi medida.

Foram queimados 378 g de etanol.



Atividade:

Quantos mols de CO_2 foram liberados?



ESTAÇÃO 6: ANTIÁCIDOS E O ALÍVIO QUÍMICO

Missão: Uma fábrica local está desenvolvendo comprimidos antiácidos à base de bicarbonato de sódio para distribuição gratuita.

Cada comprimido contém 0,336 g de NaHCO_3 .



Atividade:

Qual o volume de CO_2 liberado (a 25°C e 1 atm)?

ESTAÇÃO 7: INVESTIGAÇÃO FORENSE - DEGRADAÇÃO DE MEDICAMENTOS NO ORGANISMO



Missão: Desvendar um caso de intoxicação por medicamentos em Flores da Cunha.

Um paciente foi encontrado com sintomas de overdose após tomar um comprimido adulterado. Sua equipe, como peritos farmacêuticos, deve analisar a decomposição metabólica da dipirona ($C_{13}H_{16}N_3NaO_4S$) no corpo humano para identificar o risco real.

Dados do Caso:

- Medicamento envolvido: Dipirona (analgésico comum).
- Massa do comprimido suspeito: 500 mg.
- Sintomas do paciente: Náuseas e taquicardia (indicando possível liberação excessiva de enxofre no metabolismo).



Atividade:

Se 1 comprimido (500 mg) é metabolizado, quantos gramas de enxofre (S) são liberados?

RESPOSTAS:

Estação 1: R: $2,68 \cdot 10^{24}$ moléculas $C_7H_8O_3$

Estação 2: R: 510,6 g $C_7H_6O_3$

Estação 3: R: 0,33 mols NO_2

Estação 4: 25 g CaO

Estação 5: R: 16,43 mols CO_2

Estação 6: R: 0,0896 L CO_2

Estação 7: R: 0,048 g S



MISSÃO 6 – CASOS DE ENSINO : JORNALISMO CIENTÍFICO

Os casos de ensino consistem em situações-problema contextualizadas que demandam análise, tomada de decisão e argumentação fundamentada. Nesta missão, os casos são utilizados como estratégia investigativa para aprofundar a compreensão da estequiometria aplicada ao contexto dos medicamentos, favorecendo a articulação entre conceitos químicos, matemáticos e sociais.

Objetivo: Analisar e resolver casos de ensino relacionados a medicamentos e dosagens, mobilizando conceitos de estequiometria, raciocínio proporcional e argumentação científica.

Tempo estimado: 9 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em pequenos grupos.

Materiais necessários: Dossiês dos casos de ensino, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio disponibilizados pelo professor.

Desenvolvimento da atividade: Apresentar aos grupos os casos de ensino e orientar a leitura cuidadosa das situações-problema. Solicitar a identificação do problema central, a seleção das informações relevantes e a realização dos cálculos necessários para a tomada de decisão. Estimular a discussão coletiva, a justificativa das soluções e a socialização das estratégias adotadas ao final da atividade.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes, a coerência das soluções apresentadas, a adequação dos cálculos realizados e a qualidade da argumentação científica desenvolvida durante a análise dos casos.

Orientações ao(à) professor(a): Selecionar ou adaptar os casos de ensino conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos, orientando a resolução em etapas, se necessário. Os casos podem ser retomados posteriormente para aprofundamento conceitual ou ampliação das discussões.

CENÁRIO

A redação do jornal **Investigação & Ciência** recebeu denúncias de que erros em cálculos químicos e farmacêuticos podem estar colocando vidas em risco. Como jovens repórteres investigativos, sua missão é descobrir a verdade por trás dessas histórias, analisando os fatos e construindo laudos periciais para expor a realidade ao público.

Em grupos de repórteres serão designados dossiês com casos de ensino e precisarão resolver os cálculos detalhadamente, oferecendo ao final um laudo pericial para um programa especial chamado **Ciência e Química: A Verdade dos números estequiométricos**.



- ✓ Oferecer diferentes formatos de apresentação do laudo: relatório escrito, podcast científico, simulação de telejornal.
- ✓ Usar gráficos ou infográficos nos laudos: incentivo ao letramento científico e visual.

QUÍMICA

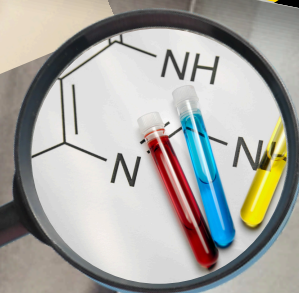
DOSSIÊ
CONFIDENTIAL

MISSÃO: JORNALISMO CIENTÍFICO

Investigação Pericial em Ação!

PROF: FABIANE MASCARELLO

INVESTIGAÇÃO & CIÊNCIA DA 202






Cenário

A redação do jornal **Investigação & Ciência** recebeu denúncias de que erros em cálculos químicos e farmacêuticos podem estar colocando vidas em risco. Como jovens repórteres investigativos, sua missão é descobrir a verdade por trás dessas histórias, analisando os fatos e construindo laudos periciais para expor a realidade ao público.

Em grupos de repórteres serão designados dossiês com casos de ensino e precisarão resolver os cálculos detalhadamente, oferecendo ao final um laudo pericial para um programa especial chamado **Ciência e Química: A Verdade dos números estequiométricos**.



Como será a investigação?

Cada aluno receberá um dossiê do caso com um problema a ser resolvido, incluindo documentos, dados estequiométricos e dossiê com informações para serem utilizadas nos cálculos e experimentos.

Em equipes devem:

1. Analisar as evidências 📄 - Identificar os cálculos necessários para validar a denúncia.
2. Elaborar um laudo pericial 🔬 - Resolver os cálculos do caso e apresentar a comprovação científica.
3. Apresentar ao público 🗣️ - Compartilhar a investigação com a turma e com o professor.



Casos para investigação


Cada equipe investigará um caso baseado nos problemas apresentados no arquivo entregue pelo professor.

2.6.1 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 1: A Medicação Certa: Questão de Vida ou Morte

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação: _____

MISSÃO: DESCOBRIR SE UM HOSPITAL ESTÁ ADMINISTRANDO DOSES ERRADAS DE UM MEDICAMENTO PARA FEBRE.

TAREFA: CALCULAR A DOSAGEM CORRETA E VERIFICAR SE HÁ RISCO DE SUPERDOSAGEM.

Uma jovem de 16 anos, estudante do segundo ano do Ensino Médio, foi levada às pressas ao hospital com febre alta e dores no corpo. Após avaliação médica, foi receitado um medicamento antitérmico e analgésico à base de paracetamol, administrado na forma líquida intravenosa.

O médico prescreveu uma dose de 500 mg do medicamento a cada 6 horas. No entanto, o hospital dispõe do medicamento apenas em solução de concentração de 200 mg a cada 1 mL. Devido à gravidade do quadro clínico da paciente, o cálculo e a aplicação correta da dose são fundamentais.

Se você fosse responsável pela administração do medicamento, como poderia determinar o volume correto da solução que deve ser aplicada na paciente para obedecer à prescrição médica?

1. Questões de Desenvolvimento:

- Qual é a concentração em mg/mL do medicamento disponível no hospital?
- Considerando a concentração encontrada, qual volume da solução corresponde à dose de 500 mg prescrita pelo médico?
- Se a paciente precisar receber quatro doses por dia, quantos mililitros serão administrados no total?
- Caso seja necessário diluir a solução para facilitar a administração intravenosa, como você faria para obter uma solução com metade da concentração original? Que cálculos seriam necessários?

2. Para ir além

- Quais consequências poderiam ocorrer caso os cálculos estequiométricos fossem realizados incorretamente?
- Por que é importante entender a relação entre concentração, volume e massa ao administrar medicamentos?
- Em sua opinião, de que maneira o domínio desses cálculos influencia a qualidade e segurança no atendimento à saúde?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.202 / 2025 Caso Nº 0001
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO DA MEDICAÇÃO CERTA: QUESTÃO DE VIDA OU MORTE

1. Questões de Desenvolvimento:

2. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

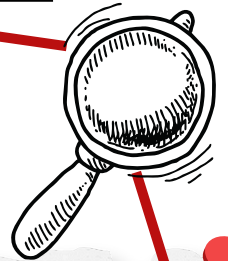


Quais cálculos tive facilidade de entender

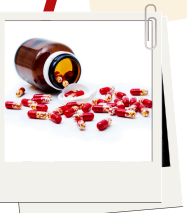
IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:




Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.2 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação:

MISSÃO: ANALISAR SE UMA FARMÁCIA ESTÁ VENDENDO MEDICAMENTOS COM CONCENTRAÇÕES DIFERENTES DAS INDICADAS.

TAREFA: REALIZAR CÁLCULOS DE CONCENTRAÇÃO E VERIFICAR POSSÍVEIS ADULTERAÇÕES.

Em um posto de saúde local, uma criança foi trazida apresentando sinais graves de desidratação devido a um episódio prolongado de vômitos e diarreia. O médico responsável solicita rapidamente a preparação de uma solução de bicarbonato de sódio a 5% para iniciar o tratamento emergencial da criança, visando restaurar seu equilíbrio ácido-base.

Você, responsável pelo preparo da solução no ambulatório, precisa garantir que a solução tenha exatamente a concentração prescrita para evitar complicações médicas.

1. Questão Inicial:

Como você determinaria a quantidade exata de bicarbonato de sódio necessária para preparar corretamente 1000 mL de uma solução a 5%?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) O que significa uma solução com concentração a 5% (m/v)?

b) Quantos gramas de bicarbonato de sódio devem ser pesados para preparar a solução solicitada pelo médico?

c) Como você realizaria a preparação prática dessa solução no laboratório, considerando segurança e precisão?

d) Se fossem necessários apenas 250 mL dessa solução, quantos gramas de bicarbonato seriam necessários?


3. Para ir além:

I) Quais seriam as possíveis consequências para o paciente caso a concentração da solução preparada estivesse incorreta?

II) De que maneira entender esses cálculos de concentração ajuda a prevenir erros no tratamento médico?


III) Como você explicaria para outras pessoas a importância da precisão em preparações farmacêuticas ou médicas?

ROTEIRO EXPERIMENTAL: PREPARAÇÃO DE SOLUÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO A 5%

 Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação: _____

OBJETIVO: PREPARAR CORRETAMENTE UMA SOLUÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO (NaHCO₃) A 5% (M/V) PARA USO EM TRATAMENTO MÉDICO EMERGENCIAL.

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Bicarbonato de sódio (NaHCO₃) de grau farmacêutico ou analítico
- Balança * Papel para pesagem * Béquer de 250 mL
- Bastão de vidro * Balão volumétrico de 1000 mL * Água destilada
- Pipeta volumétrica de 50 mL * Pera de sucção
- EPI (Equipamentos de Proteção Individual): jaleco, luvas e óculos de segurança

PROCEDIMENTO:

1. Cálculo da Massa de Bicarbonato de Sódio:

- Uma solução a 5% (m/v) significa 5 gramas de soluto em 100 mL de solução.
- Para 1000 mL (1 L) de solução:
 - Massa de NaHCO₃ = _____ g (calcular)

2. Pesagem do Soluto:

- Ligue a balança. Coloque o papel de pesagem na balança e tare (zerar) o peso. Adicione cuidadosamente _____ g de bicarbonato de sódio.

3. Dissolução do Soluto:

- Transfira o bicarbonato de sódio pesado para um béquer de 250 mL limpo. Adicione aproximadamente 200 mL de água destilada ao béquer. Utilize o bastão de vidro para agitar a mistura até completa dissolução do soluto.

4. Transferência para o Balão Volumétrico:

- Após a dissolução completa, transfira a solução do béquer para um balão volumétrico de 1000 mL. Lave o béquer com pequenas porções de água destilada e transfira as lavagens para o balão volumétrico para garantir que todo o soluto seja transferido.

5. Completar o Volume:

- Adicione água destilada ao balão volumétrico até cerca de 1 cm abaixo da marca de 1000 mL. Ajuste o menisco até a marca de 1000 mL utilizando uma pipeta volumétrica para maior precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

- Se fossem necessários apenas 250 mL dessa solução, quantos gramas de bicarbonato seriam necessários?
- Cálculo:

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso N° 0002
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO EMERGÊNCIA NO AMBULATÓRIO: PREPARANDO SOLUÇÕES CORRETAMENTE

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

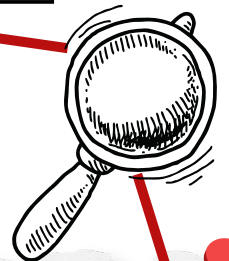


Quais cálculos tive facilidade de entender

IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:




Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.3 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 3 : Produzindo Hipoclorito: A Química na Linha de Frente Contra o Vírus

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação:

MISSÃO: PRODUZIR EXATAMENTE 270 G DE HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ABASTECER HOSPITAIS DA REGIÃO, GARANTINDO A EFICÁCIA E SEGURANÇA DO PRODUTO.

TAREFA: CALCULAR AS QUANTIDADES PRECISAS NECESSÁRIAS PARA SINTETIZAR HIPOCLORITO DE SÓDIO.

Durante a pandemia do novo coronavírus, as medidas de higiene tornaram-se extremamente importantes para prevenir a disseminação da doença. Uma das substâncias amplamente utilizadas para limpeza e desinfecção é o hipoclorito de sódio (NaClO), conhecido por seu poder bactericida e alvejante.

Você trabalha em uma pequena indústria química responsável pela produção de soluções desinfetantes à base de hipoclorito. Para produzir o hipoclorito de sódio, é realizada uma reação química entre o gás cloro (Cl_2) e a soda cáustica (NaOH) em solução aquosa, formando hipoclorito de sódio e água.

O seu desafio hoje é produzir exatamente 270 g de hipoclorito de sódio para abastecer hospitais da região.

1. Questão Inicial:

Qual é a importância de realizar corretamente os cálculos das quantidades dos reagentes para garantir a produção segura e eficaz do hipoclorito de sódio?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) Escreva e balanceie a reação química que descreve a obtenção do hipoclorito de sódio a partir do gás cloro (Cl_2) e da soda cáustica (NaOH).

b) Determine a massa molecular do hipoclorito de sódio (NaClO) e do hidróxido de sódio (NaOH).

c) Calcule quantos mols de hipoclorito de sódio (NaClO) correspondem aos 270 g que precisam ser produzidos.

d) Usando as proporções molares da reação balanceada, calcule quantos mols e qual massa de hidróxido de sódio (NaOH) são necessários para obter a quantidade desejada de hipoclorito de sódio.

3. Para ir além:

I) Qual poderia ser o impacto econômico e ambiental caso esses cálculos fossem realizados incorretamente na produção industrial?

II) Por que o conhecimento de estequiometria é fundamental para profissionais que atuam diretamente na produção de substâncias químicas com aplicações práticas, como no combate a doenças?

II) Como você comunicaria de forma simples e clara a importância desse conhecimento a colegas não especializados em química?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso Nº 0003
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO PRODUZINDO HIPOCLORITO: A QUÍMICA NA LINHA DE FRENTE CONTRA O VÍRUS

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

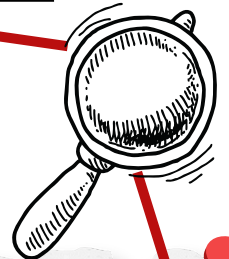


Quais cálculos tive facilidade de entender

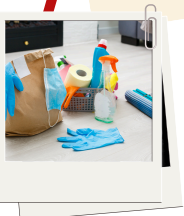
IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:



Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.4 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Caso nº 4: Descarte Seguro de Medicamentos: Protegendo o Meio Ambiente

 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

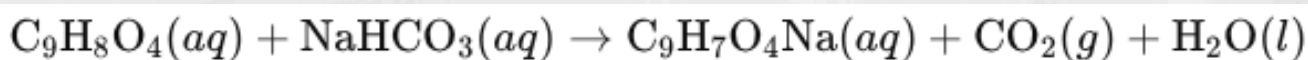
 Setor de Investigação: _____

MISSÃO: INVESTIGAR SE UM RIO DA CIDADE ESTÁ CONTAMINADO POR MEDICAMENTOS DESCARTADOS INCORRETAMENTE.

TAREFA: CALCULAR A QUANTIDADE DE PARACETAMOL PRESENTE NA ÁGUA E SEUS EFEITOS AMBIENTAIS.

Uma farmácia precisa realizar o descarte correto e seguro de medicamentos vencidos para evitar danos ambientais e riscos à saúde pública. Atualmente, a farmácia tem 50 frascos vencidos de um medicamento contendo ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$). O procedimento recomendado envolve reagir o ácido acetilsalicílico com bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), formando ácido carbônico (H_2CO_3), que rapidamente se decompõe em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O).

A equação química balanceada da reação é:



Cada frasco possui 250 mg de ácido acetilsalicílico. Para neutralizar corretamente o medicamento, a reação química exige exatamente 1 mol de bicarbonato de sódio para cada mol de ácido acetilsalicílico.

1. Questão Inicial:

Por que é importante realizar o descarte seguro e químico de medicamentos vencidos, especialmente substâncias como o ácido acetilsalicílico?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) Identifique e confirme se a equação química apresentada acima está corretamente balanceada. Caso não esteja, faça seu balanceamento.

b) Calcule a massa molecular do ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$) e do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

c) Determine quantos mols de ácido acetilsalicílico existem em cada frasco de 250 mg.

d) Calcule quantos mols de bicarbonato de sódio serão necessários para descartar todos os 50 frascos.

e) Finalmente, determine qual é a massa total de bicarbonato de sódio necessária para realizar todo o procedimento de descarte.

3. Para ir além:

I) Que impactos ambientais podem surgir caso o descarte inadequado desses medicamentos ocorra?

II) Como conhecimentos de estequiometria podem contribuir para minimizar riscos ambientais em procedimentos de descarte químico?

III) Como você explicaria para alguém sem conhecimentos específicos em química a importância desse tipo de procedimento de descarte seguro?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso N° 0004
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO DESCARTE SEGURO DE MEDICAMENTOS: PROTEGENDO O MEIO AMBIENTE

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.



Quais cálculos tive facilidade de entender

IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:



Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender



RESPOSTAS

As respostas apresentadas a seguir referem-se à resolução dos casos de ensino desenvolvidos durante a aplicação do produto educacional. É importante destacar que, por se tratar de uma abordagem investigativa, as respostas elaboradas pelos estudantes não seguem um modelo único e fechado. As interpretações podem variar conforme o raciocínio, a estratégia de resolução e o nível de aprofundamento de cada participante. Dessa forma, as respostas apresentadas aqui representam possibilidades de solução, coerentes com os fundamentos teóricos e práticos da Química, mas sujeitas a diferentes caminhos de pensamento e argumentação, valorizando a autonomia e a construção pessoal do conhecimento científico.

RESPOSTAS

Caso nº 1: A Medicação Certa: Questão de Vida ou Morte

- a) R: 200 mg/mL.
- b) R: 2,5 mL
- c) R: 10mL/dia
- d) R: 2 mL de solução com 100 mg/mL.

Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

Questão Inicial: R: 50 g

- a) R: 5 g de soluto dissolvidos em 100 mL
- b) R: 50 g/1000 mL
- c) R: Usar EPI: luvas, jaleco, óculos de proteção. Pesar 50 g de bicarbonato de sódio em balança analítica. Transferir para um béquer limpo. Adicionar cerca de 700 mL de água destilada, agitar até dissolver completamente. Transferir para balão volumétrico de 1000 mL, completar o volume com água destilada até o traço de aferição.
- d) R: 12,5 g

Caso nº 3: Produzindo Hipoclorito: A Química na Linha de Frente Contra o Vírus

- a) R: Equação balanceada
- b) R: NaClO: 74,5 g/mol e NaOH: 40,0 g/mol
- c) R: 3,62 mol
- d) R: 289,6 g de NaOH

Caso nº 4: Descarte Seguro de Medicamentos: Protegendo o Meio Ambiente

- a) R: Já está balanceada
- b) R: $(C_9H_8O_4) = 180 \text{ g/mol}$ e $(NaHCO_3) = 84 \text{ g/mol}$
- c) R: 0,00139
- d) R: 0,0695 mol
- e) R: 5,84 g

RESPOSTAS

A seguir, é apresentada uma sugestão de um quadro de avaliação para os casos de ensino. O resultado será expresso na forma de um laudo pericial, ou seja, um documento técnico elaborado como se o estudante fosse o perito responsável por realizar os cálculos, justificar procedimentos e emitir pareceres sobre a administração correta do medicamento.

Laudo Pericial - Caso de Ensino 1

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química
Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo analisar, calcular e justificar a administração correta de uma dose intravenosa de paracetamol para uma paciente de 16 anos, conforme o caso apresentado. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
a. Identificação da Concentração	Interpretação de informações disponíveis	Apresenta corretamente a concentração da solução disponível (200 mg/mL).		
b. Cálculo da Dose	Resolução de cálculo com justificativa	Apresenta cálculos claros, identifica fórmula e encontra 2,5 mL.		
c. Cálculo da Dose Diária	Quantificação total e raciocínio proporcional	Multiplica corretamente as doses diárias e obtém 10 mL.		
d. Proposta de Diluição	Aplicação da equação de diluição e proposta técnica	Aplica fórmula $C1V1=C2V2$, descreve e justifica a diluição corretamente.		
I. Análise de Riscos	Consequências de erro pericial	Aponta efeitos clínicos de erros de cálculo, como toxicidade ou ineficácia.		
II. Fundamentação Técnico-Científica	Relação entre conceitos químicos e prática clínica	Justifica a importância de massa, volume e concentração no tratamento.		
III. Parecer Técnico Final	Avaliação crítica e ética profissional	Finaliza com um parecer claro sobre a importância da precisão e segurança.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia Excelência	9 a 10 pontos	Cálculos exatos, linguagem técnica clara, justificativas sólidas e parecer coerente.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Cumprir requisitos principais com pequenos erros ou omissões, com clareza e fundamentação.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Contém erros de cálculo ou falhas conceituais, com apresentação superficial.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros conceituais graves, ausência de justificativas ou estrutura desorganizada.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 2

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo demonstrar, por meio de justificativas técnico-científicas, os procedimentos e cálculos envolvidos na preparação de uma solução de bicarbonato de sódio a 5%, conforme prescrição médica em um cenário de urgência no posto de saúde. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	CrITÉrios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.1) Interpretação da Prescrição	Cálculo da massa necessária	Apresenta a relação 5% (m/v) e calcula corretamente 50 g para 1000 mL.		
a) Definição de Concentração	Conceituação química	Explica corretamente o significado de 5% (m/v) como 5 g/100 mL.		
b) Cálculo da Quantidade para 1 L	Cálculo de concentração em g	Apresenta a conta correta e justifica o raciocínio.		
c) Procedimento de Preparo	Descrição prática e segurança	Descreve os passos do preparo, incluindo equipamentos e EPIs.		
d) Adaptação da Quantidade	Regra de três e proporcionalidade	Calcula corretamente a massa para 250 mL (12,5 g).		
I) Consequências de Erros	Avaliação de riscos clínicos	Aponta riscos como alcalose ou ineficácia terapêutica.		
II) Prevenção de Erros	Reflexão técnico-científica	Relaciona os cálculos com segurança do paciente.		
III) Divulgação e Educação	Comunicação científica e conscientização	Explica de forma acessível a importância da precisão na área da saúde.		
Atividade Experimental	Apresentação da Introdução, resultados e discussão	Descreve com coerência o que foi realizado no laboratório experimentalmente apresentando resultados.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo claro, exato, com justificativas químicas e reflexões críticas relevantes.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas corretas na maior parte, com linguagem técnica suficiente.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Erros conceituais ou de cálculo, omissões importantes, explicações vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Falta domínio conceitual, justificativas ausentes ou estrutura desorganizada.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 3

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo avaliar os conhecimentos aplicados no contexto da produção de hipoclorito de sódio em uma indústria química durante a pandemia da COVID-19. As respostas devem demonstrar domínio dos conceitos químicos, particularmente de estequiometria. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.I) Importância dos Cálculos	Justificativa conceitual e contextual	Explica corretamente a importância para segurança, eficiência e saúde pública.		
a) Reação Química Balanceada	Representação e balanceamento	Apresenta reação corretamente balanceada, representando fórmulas.		
b) Massa Molecular	Cálculo correto das massas molares	Apresenta fórmulas, valores e unidades corretos.		
c) Quantidade de mols	Cálculo estequiométrico	Calcula corretamente mols de NaClO.		
d) Cálculo de reagente	Proporção molar e massa	Relaciona corretamente: 2 mols de NaOH por mol de Cl ₂ e NaClO; calcula ~144,8 g de NaOH.		
I) Impacto de Erros	Avaliação crítica	Aponta riscos econômicos, desperdícios, riscos ambientais e à saúde.		
II) Papel da Estequiometria	Aplicação prática do conhecimento	Relaciona estequiometria com controle, qualidade e segurança industrial.		
III) Comunicação Científica	Clareza e acessibilidade	Explica para leigos com exemplos do cotidiano a importância do tema.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo completo, exato, com justificativas técnicas e reflexões bem articuladas.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas tecnicamente corretas, com uso de linguagem apropriada.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Respostas incompletas ou com erros conceituais e justificativas vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros graves, ausência de justificativas ou desorganização do conteúdo.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 4

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química
Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos de reações químicas, estequiometria, impactos ambientais e comunicação científica a partir da resolução de um caso real e contextualizado. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.I) Justificativa inicial	Importância do descarte seguro de ácido acetilsalicílico vencido	Argumenta com clareza os riscos ambientais e à saúde pública		
a) Balanceamento da equação	Verificação e correção da equação química	Equação corretamente identificada e balanceada		
b) Cálculo da massa molar	Determinação da massa molecular de $C_9H_8O_4$ e $NaHCO_3$	Cálculos corretos e bem apresentados		
c) Cálculo dos mols por frasco	Conversão de massa (mg) para mols	Resultado correto com unidades coerentes		
d) Cálculo dos mols totais	Determinação do total de mols para 50 frascos	Resultado matematicamente correto e justificado		
e) Cálculo da massa total de bicarbonato	Determinação da massa necessária para neutralização	Valor coerente com os dados anteriores		
I) Impactos ambientais	Discussão dos efeitos do descarte inadequado	Cita pelo menos dois impactos ambientais reais		
II) Importância da estequiometria	Aplicação dos conhecimentos químicos ao contexto do descarte	Relação clara entre teoria e prática profissional		
Comunicação científica	Explicação acessível para leigos	Utiliza linguagem clara e objetiva		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo completo, exato, com justificativas técnicas e reflexões bem articuladas.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas tecnicamente corretas, com uso de linguagem apropriada.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Respostas incompletas ou com erros conceituais e justificativas vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros graves, ausência de justificativas ou desorganização do conteúdo.

MISSÃO 7 – ESCAPE ROOM: O LABORATÓRIO PERDIDO DA ESTEQUIOMETRIA

O Escape Room Estequiométrico consiste em uma atividade investigativa final, organizada a partir de desafios encadeados que demandam a mobilização integrada dos conhecimentos construídos ao longo da sequência didática. Nesta missão, os estudantes são convidados a resolver situações-problema sucessivas, utilizando conceitos de estequiometria, raciocínio matemático e argumentação científica, como forma de síntese do percurso investigativo desenvolvido.

Objetivo: Integrar e consolidar os conhecimentos de estequiometria por meio da resolução colaborativa de desafios investigativos, mobilizando raciocínio lógico, tomada de decisão e argumentação científica.

Tempo estimado: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos.

Materiais necessários: Envelopes ou caixas contendo os desafios do Escape Room, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio definidos pelo professor.

Desenvolvimento da atividade: Organizar os grupos e apresentar a dinâmica do Escape Room. Orientar a resolução sequencial dos desafios, solicitando a leitura cuidadosa dos enunciados, a identificação das grandezas envolvidas e a realização dos cálculos necessários. Estimular a cooperação entre os integrantes e o uso dos recursos construídos nas missões anteriores. Finalizar com a socialização das soluções e das estratégias adotadas.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos grupos, a coerência das soluções apresentadas e a capacidade de integrar os conceitos mobilizados ao longo da sequência didática.

Orientações ao(à) professor(a): Ajustar o nível de complexidade dos desafios e o tempo de execução conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos. O Escape Room pode ser adaptado para diferentes contextos, mantendo o foco na resolução colaborativa e na integração dos conceitos trabalhados.

A Missão 7 encerra o percurso investigativo da Missão Estequiometria por meio de um Escape Room temático, no qual os estudantes aplicam os conhecimentos construídos nas etapas anteriores para resolver enigmas e “escapar” de um laboratório em situação de risco. Fundamentada na aprendizagem baseada em jogos, a atividade visa promover a revisão integrada dos conceitos de estequiometria, estimulando o raciocínio lógico, o trabalho em equipe e a tomada de decisão. Conforme Kapp (2012), a gamificação no contexto educacional favorece o engajamento e a motivação, contribuindo para a consolidação dos conhecimentos em um ambiente colaborativo e dinâmico. A missão é composta por slides explicativos e fichas com desafios e pistas, elaboradas para mobilizar habilidades como interpretação de dados, resolução de problemas e aplicação de cálculos estequiométricos. Os materiais podem ser adaptados conforme o número de grupos e o tempo disponível, cabendo ao professor o papel de mediador da narrativa e das interações, garantindo o equilíbrio entre desafio e cooperação.

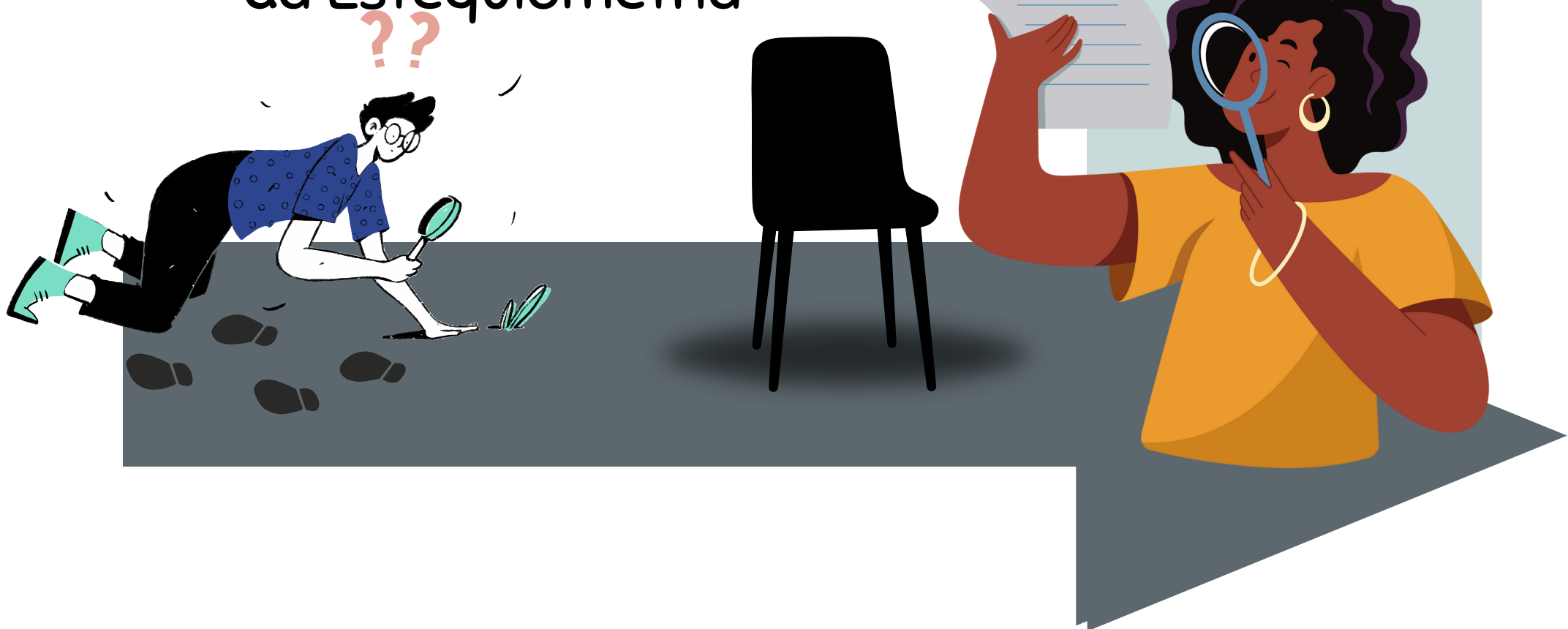


- ✓ Incluir cartas de pista ou desafios bônus, que podem ser resgatadas com bom desempenho nas missões anteriores.
- ✓ Oferecer certificado de “Agente Estequiométrico” ou medalhas simbólicas ao final da missão.



ESCAPE ROOM

O Laboratório Perdido da Estequiometria



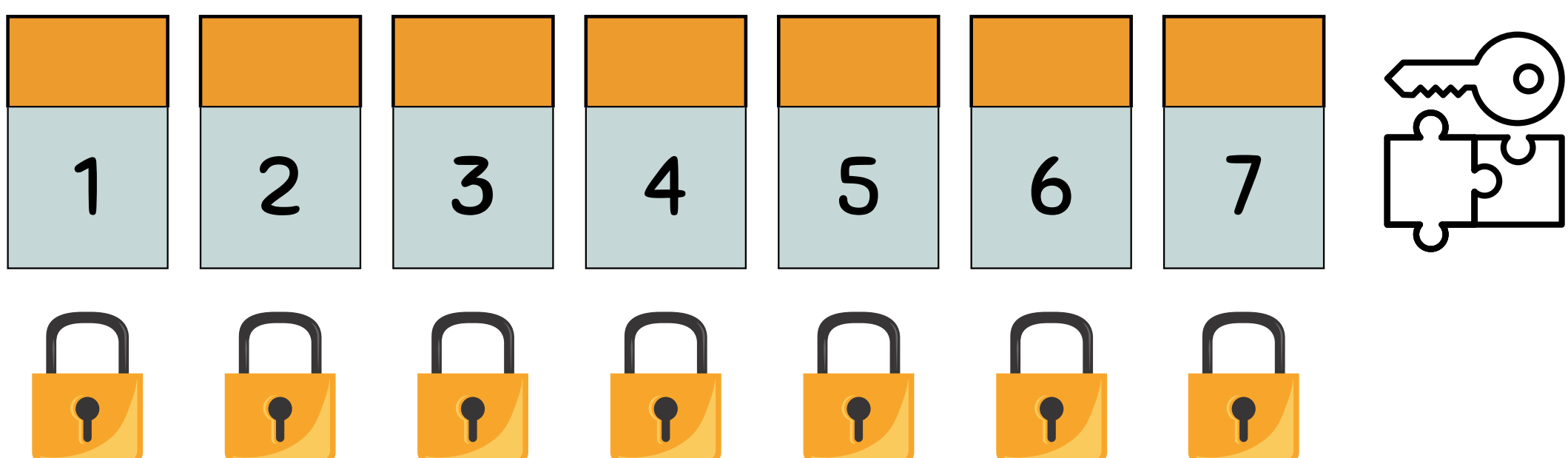
CONTEXTO:



Um renomado cientista descobriu a cura para uma nova doença, mas seu laboratório foi trancado antes que ele pudesse divulgar a fórmula. Os alunos da turma foram chamados para ajudar o cientista que desapareceu misteriosamente. Para encontrá-lo e sair do laboratório, precisam resolver desafios estequiométricos que liberam pistas e códigos.

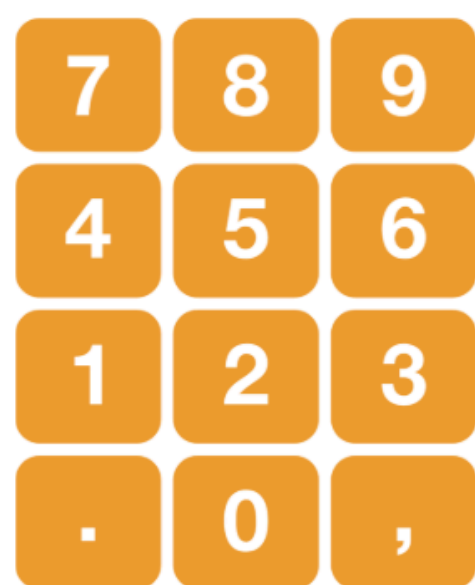
OBJETIVO:

Resolver problemas de estequiometria aplicados à saúde e à produção de medicamentos para obter códigos e abrir os cadeados.

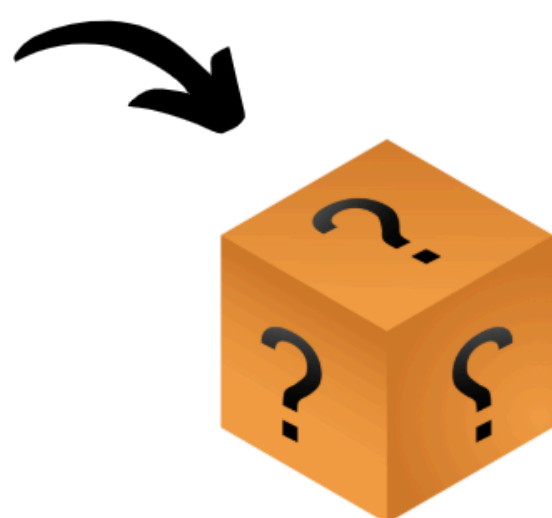


DESAFIO FINAL

Após resolver todas as fases, cada código coletado ao longo do jogo representa uma peça de um Tangram. Esse Tangram é a chave para revelar a estrutura do antídoto.



Cada fase resolvida libera uma peça do Tangram.



Montar corretamente o Tangram, formando uma molécula que representa o antídoto.



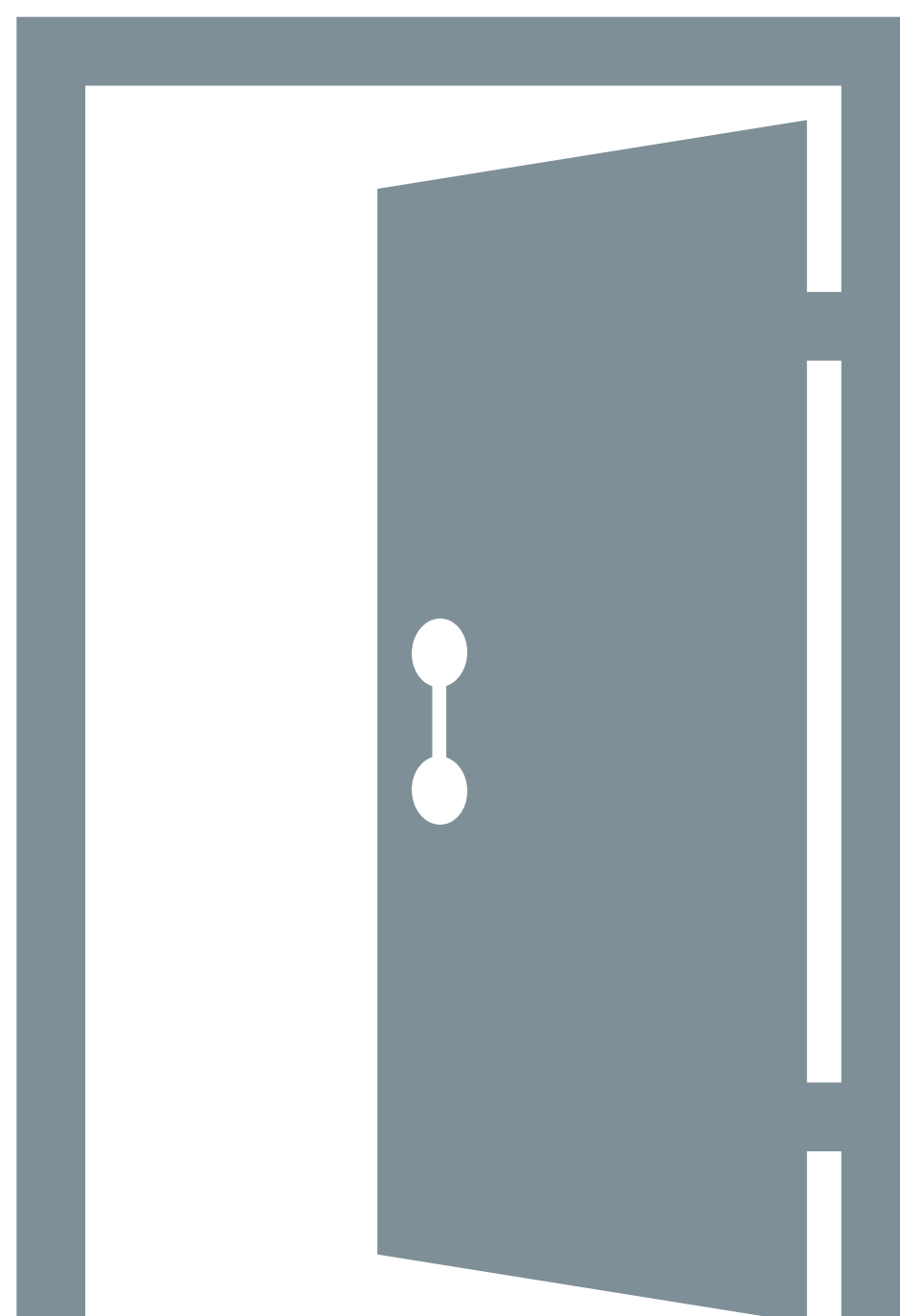
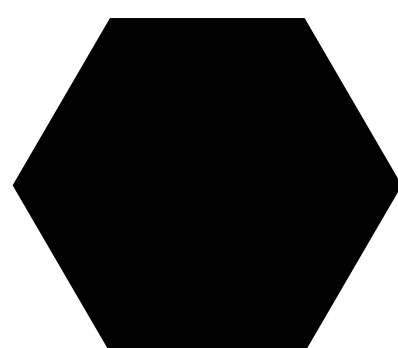
O formato do Tangram será um hexágono, representando a estrutura de um composto medicinal (um anel benzênico)



ESCAPE CODE



Parabéns, jovens cientistas! Vocês provaram que dominam a estequiometria. O laboratório está salvo e pronto para novas descobertas!



As fichas a seguir compõem o jogo de Escape Room, “O Laboratório Perdido da Estequiometria”, em que os alunos deverão colocar em prática seus conhecimentos para decifrar códigos e avançar na missão.

Na primeira ficha, o grupo recebe uma questão relacionada aos conceitos de estequiometria. Ao responder corretamente e descobrir o código secreto, os alunos conseguem abrir o cadeado virtual, previamente configurado pelo professor no site Lockee (<https://www.lockee.fr>). A resolução correta libera o acesso à próxima etapa do jogo.

Em seguida, a segunda ficha da mesma fase concede ao grupo o direito de retirar uma caixa com uma peça do Tangram, que será utilizada para montar o hexágono final. Cada grupo recebe uma peça, e somente ao completar o hexágono os estudantes conseguirão descobrir o antídoto (benzeno) que neutraliza a substância perigosa e, assim, escapar do laboratório.

Essa dinâmica gamificada estimula o raciocínio lógico, a cooperação e a aplicação dos conceitos químicos de forma lúdica e desafiadora, transformando a revisão dos conteúdos em uma experiência de investigação e descoberta.




Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____

Fase 1: O Elemento Perdido

 Desafio: Durante os experimentos, o cientista estava analisando um composto desconhecido utilizado na fabricação de medicamentos. Ele registrou que a substância é formada apenas por carbono, hidrogênio e oxigênio e que 1 mol da substância pesa 46 g. Após determinar a fórmula empírica do composto e usar os números dos átomos de cada elemento como código, resolva a questão que está na caixa para encontrar o último código.

Anotações:

Código: (3 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

Fase 1: O Elemento Perdido

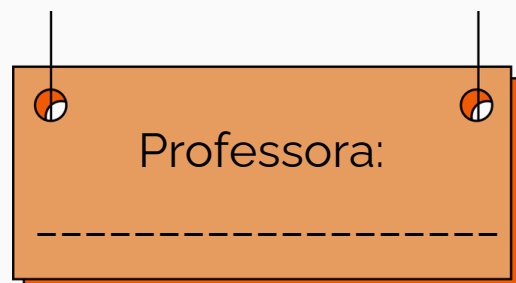
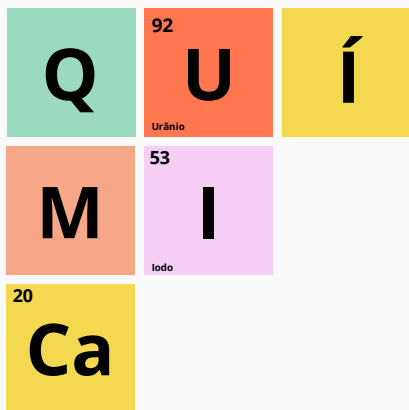
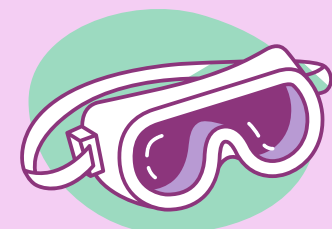
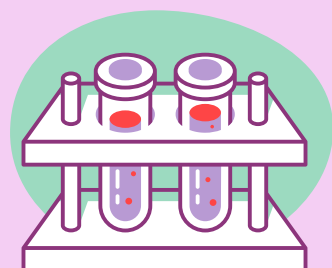
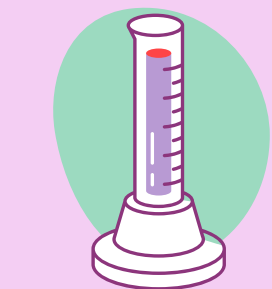
 **Desafio:** Um soro experimental requer uma concentração de $0,15 \text{ mol/L}$. No laboratório tem apenas 30g do composto ativo (glicose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Qual o volume em mL de soro que pode ser preparado com essa quantidade?

 **Tarefa:** Realizar regra de três e encontrar o volume contido em 30g.

Anotações:


Código: (3 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------



Cientistas: _____

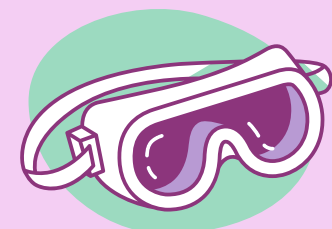
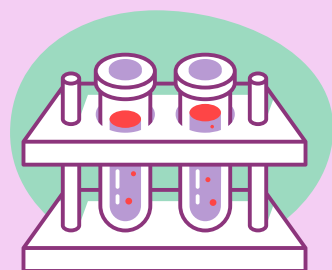
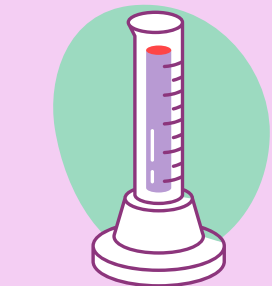
Fase 2: A reação misteriosa

 Desafio: A reação de combustão do propano (C_3H_8) produz dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Se 144g de propano reagem completamente, qual a massa de CO_2 produzida? Monte a reação química descrita balanceada para resolver a questão e encontrar o código que levará à próxima questão que está na caixa.

Anotações:

Código: (3 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

Fase 2: A reação misteriosa

 Desafio: Uma carta revela a equação química incompleta: $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow ? \text{MgO}$.

 Tarefa: Balancear a equação e calcular a massa de óxido de magnésio (MgO) produzida a partir de 216g de magnésio (Mg).

Anotações:

Código: (3 dígitos)

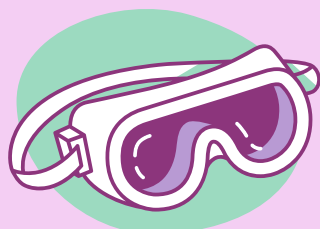
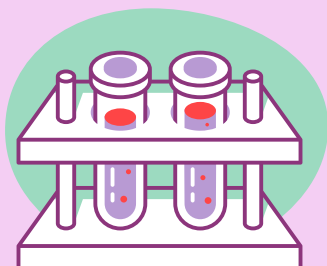
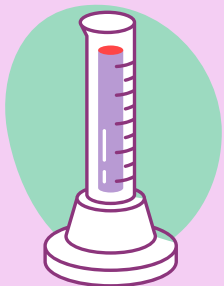
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------



Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____



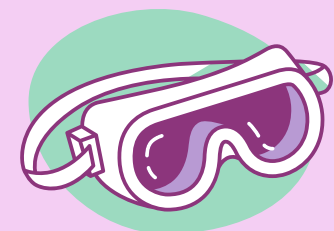
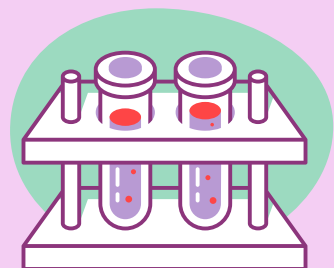
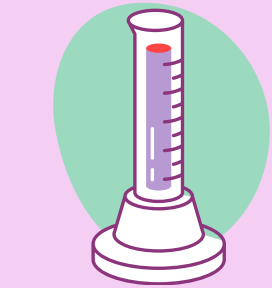
Fase 3: A dose correta

📄 Desafio: Um paciente necessita de uma dose de 10g de um composto com fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sacarose). A solução disponível tem uma concentração de 0,1mol/L. Qual o volume da solução, em mL, necessário para administrar a dose correta? Após encontrar a resposta correta siga para a próxima etapa e busque descobrir o código que está na caixa.

Anotações:

Código: (5 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____

Fase 3: A dose correta

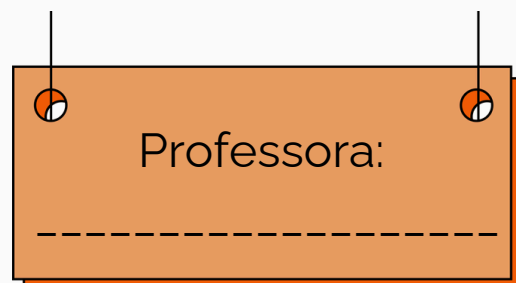
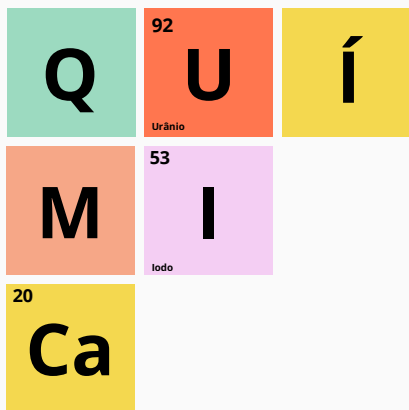
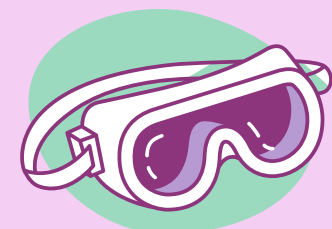
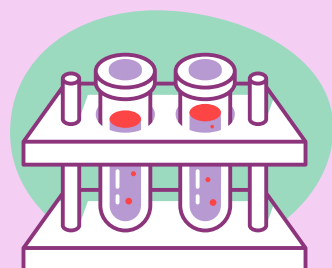
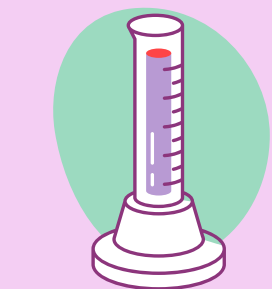
 Desafio: Um paciente precisa de 250 mg de paracetamol ($C_8H_9NO_2$) por dose. Quantos mols de paracetamol estão nessa dose?

 Tarefa: Usar a massa molar do paracetamol para calcular a quantidade de mols.

Anotações:


Código: (5 dígitos)

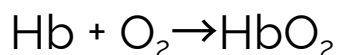
--	--	--	--	--



Cientistas: _____

Fase 4: O oxigênio no sangue

 Desafio: A hemoglobina no sangue transporta oxigênio através da reação:

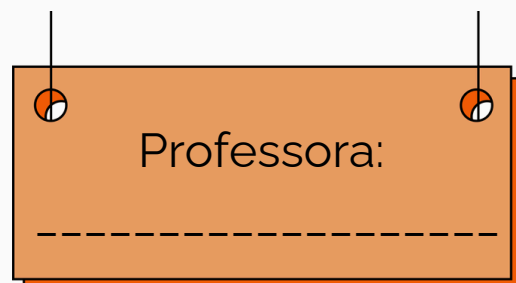
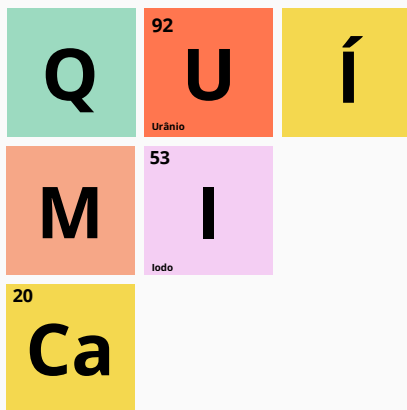
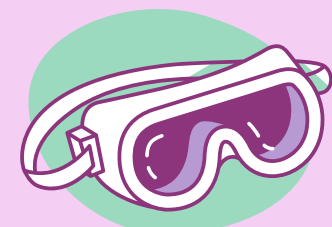
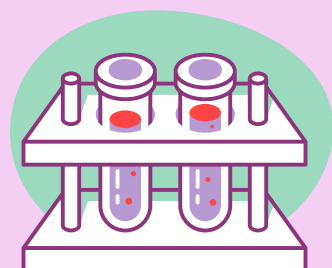
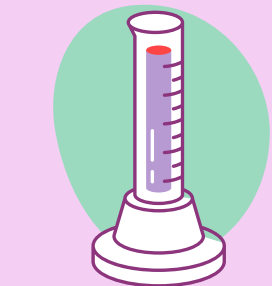


Sabemos que 5,0 g de hemoglobina (Hb) pode reagir com oxigênio. A massa molar da hemoglobina é aproximadamente 64.500 g/mol. Determine quantos mL de O_2 (CNTP) são consumidos. Após realizar o cálculo correto, retire a caixa com a questão que o levará ao código final.

Anotações:


Código: (4 dígitos)

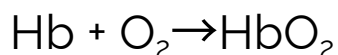
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------



Cientistas: _____


Fase 4: O oxigênio no sangue

 **Desafio:** A hemoglobina, uma proteína presente no sangue, transporta oxigênio para todo o corpo. Esse processo ocorre por meio da seguinte reação química:



Em um experimento, um frasco selado contém 432 g de gás oxigênio armazenado para estudo da oxigenação do sangue. O cientista deixou uma pista antes de desaparecer:

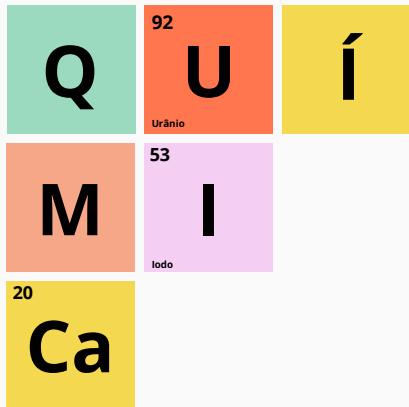
"A quantidade de oxigênio presente pode ligar-se a hemoglobina, formando um composto essencial para a vida. Mas para saber sua importância, primeiro descubra quantas moléculas desse gás estão disponíveis."

 **Tarefa:** Determinar quantas moléculas de O_2 existem no frasco e utilizar os quatro primeiros algarismos do resultado como código.

Anotações:

Código: (4 dígitos)


--	--	--	--



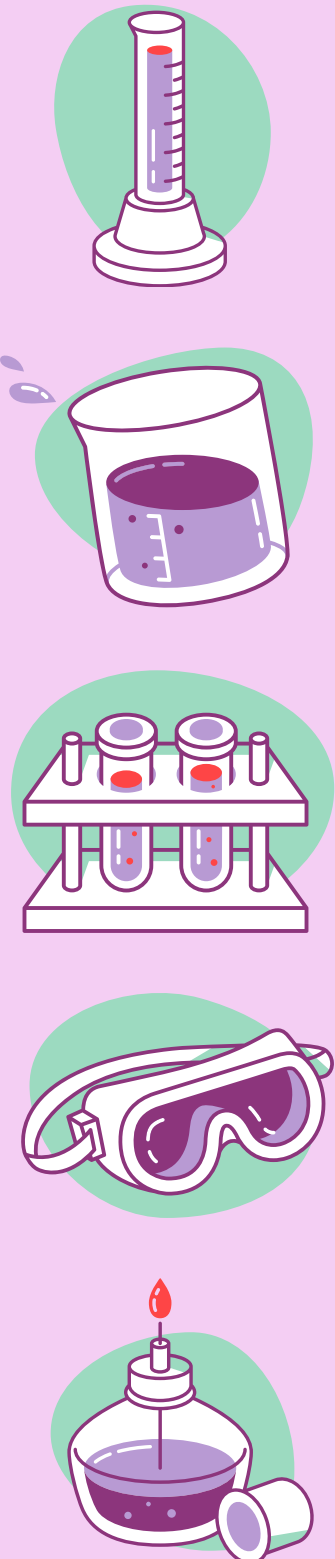
Professora: _____

Cientistas: _____

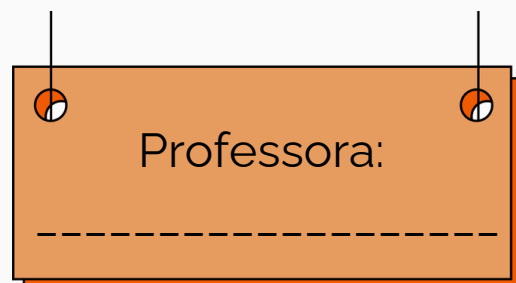
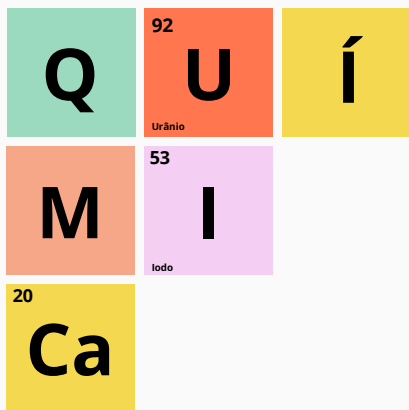
Fase 5: O gás misterioso

 Desafio: Um gás desconhecido é liberado em um experimento. Identifique o gás com base em sua densidade (1,25 g/L nas CNTP). Após descobrir o gás e sua massa, retire a questão da caixa para chegar ao código final.

Anotações:





Código: (2 dígitos)



Cientistas: _____

Fase 5: O gás misterioso

 **Desafio:** Em um cenário de emergência médica, um paciente precisa ser anestesiado. Um gás desconhecido é encontrado em um cilindro rotulado como "Anestésico X". Uma análise laboratorial rápida determina que a densidade do gás é de 3,17 g/L nas CNTP.

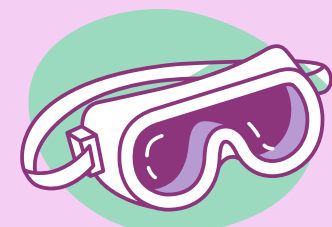
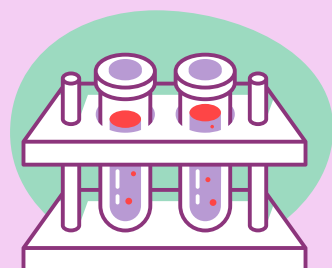
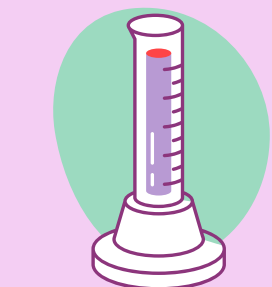
 **Tarefa:** Calcular a massa molar do gás para identificar o anestésico e determinar qual é o mais seguro para uso. As opções de anestésicos são:

- Óxido nitroso (N_2O)
- Halotano ($C_2HBrClF_3$)
- Éter dietílico ($C_4H_{10}O$)
- Isoflurano ($C_3H_2ClF_5O$)

Utilize a massa molar do anestésico como código.

Anotações:

Código: (2 dígitos)



Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

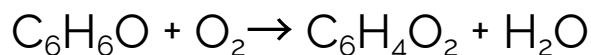
Cientistas: _____

Fase 6: A solução certa

 Desafio:

No laboratório, o cientista estudava a produção de um antibiótico essencial para o tratamento de infecções. Durante o processo, ocorre a oxidação de um composto orgânico de fórmula C_6H_6O , que reage com oxigênio para formar $C_6H_4O_2$ e água.

A equação balanceada é:



Antes de desaparecer, o cientista deixou uma pista em seu diário de anotações:

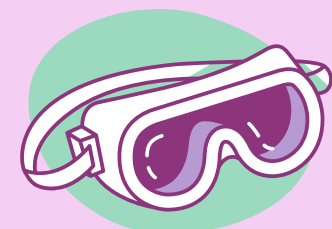
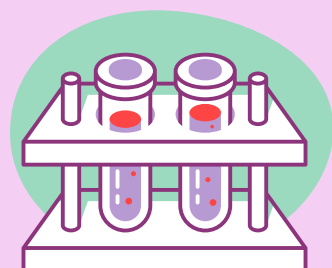
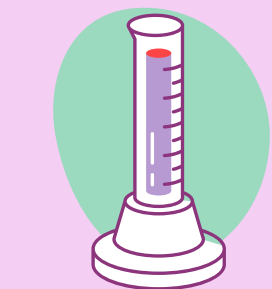
"Descubra quantos litros de oxigênio são necessários para reagir completamente com 31 g do reagente principal."

Utilize quatro dígitos da resposta como código e retire a questão da caixa para chegar ao código final.

Anotações:

Código: (4 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------




Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora: _____


Cientistas: _____

Fase 6: A solução certa

 Desafio: O cientista deixou um frasco contendo carbonato de cálcio (CaCO_3). Ele aqueceu o composto até a decomposição completa:



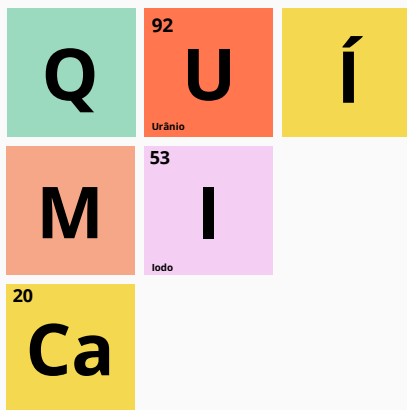
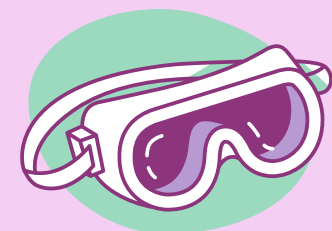
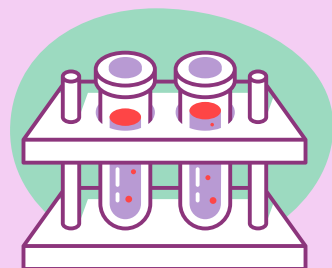
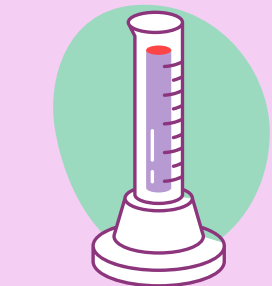
Sabemos que 35 g de CaCO_3 foram aquecidos. Determinar quantos mL de CO_2 (CNTP) foram liberados.

 Tarefa: Usar estequiometria para determinar o volume de gás produzido.

Anotações:

Código: (4 dígitos)

--	--	--	--



Professora: _____

Cientistas: _____

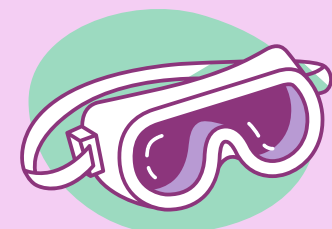
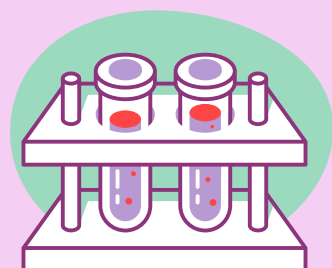
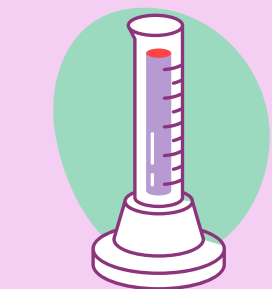
Fase 7: O remédio secreto

📖 Desafio: Uma reação química produz um composto com propriedades antivirais. A equação da reação é: $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Se 1230g de etano (C_2H_6) forem utilizados, quantos kilogramas de água (H_2O) serão produzidos?

Anotações:

Código: (6 dígitos)

						59
--	--	--	--	--	--	----





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

Fase 7: O remédio secreto

 Desafio: A reação entre hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) produz sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e água (H_2O). Se 839g de $\text{Al}(\text{OH})_3$ reagem, qual o volume de água formada em mL?

 Tarefa: Montar a equação da reação balanceada e realizar o cálculo do volume em mL.

Anotações:

Código: (6 dígitos)

						60
--	--	--	--	--	--	----

RESPOSTAS:

Fase 1:

R: 640

R: 261

Fase 2:

R: 432

R: 432

Fase 3:

R: 29239

R: 00016

Fase 4:

R: 1724

R: 8127

Fase 5:

R: 28

R: 74

Fase 6:

R: 7387

R: 7840

Fase 7:

R: 2214

R: 722830





MENSAGEM FINAL

Este Produto Educacional apresenta uma proposta didática voltada à organização do ensino de estequiometria como um percurso investigativo estruturado em missões, no qual os estudantes são convidados a analisar situações-problema, formular hipóteses, revisar ideias e construir conhecimentos de forma colaborativa. Ao longo das missões, o aprender é compreendido como um movimento contínuo de investigação, reflexão e reconstrução conceitual.

A *Missão Estequiometria* foi concebida como um material de apoio à prática docente, com caráter flexível e adaptável. As missões podem ser reorganizadas, ampliadas ou ajustadas conforme o contexto escolar, o perfil da turma e os objetivos pedagógicos definidos pelo(a) professor(a), preservando-se os princípios da aprendizagem ativa e investigativa.

Espera-se que este Produto Educacional contribua como subsídio à prática pedagógica em Química, favorecendo a construção de experiências de ensino que articulem ciência, contexto e colaboração. A proposta permanece aberta a adaptações e ressignificações, reconhecendo que o processo educativo se fortalece por meio do diálogo, da troca de experiências e da construção coletiva do conhecimento.

BIBLIOGRAFIA

- ARONSON, Elliot. *The Jigsaw Classroom*. 2. ed. New York: Longman, 1978.
- ARONSON, Elliot; PATNOE, Shelley. *Cooperation in the Classroom: The Jigsaw Method*. 3. ed. New York: Pinter & Martin, 2011.
- AUSUBEL, David Paul. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- KAPP, Karl. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.
- NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- PIAGET, Jean. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- PIAGET, Jean. *Seis estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1978.
- SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica*. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.
- VYGOTSKY, Lev S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- WARTHA, Edna; SILVA, Eril; BEJARANO, Nelson. *Casos de ensino e formação de professores*. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 6, n. 3, p. 45–62, 2013.
- ZÔMPEIRO, Adriana; LABURU, Carlos. *Metodologias investigativas no ensino de Ciências*. Curitiba: Appris, 2011.

PRODUTO EDUCACIONAL

MISSÃO ESTEQUIOMETRIA:

Uma proposta didática
investigativa com casos de
ensino sobre medicamentos



FABIANE MASCARELLO

FERNANDA MIOTTO

Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências e Matemática

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Título do Produto Educacional: Missão Estequiometria: uma proposta didática com casos de ensino sobre medicamentos

Autora: Fabiane Mascarello

Curso: Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática

Instituição: Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências da Natureza

Nível de ensino: Ensino Médio

Ano/Série: 2º ano do Ensino Médio

Componente curricular: Química

Carga horária prevista: 20 aulas de 2 períodos de 50 minutos.

Público-alvo: Estudantes do Ensino Médio da rede pública de ensino

Temática central: Estequiometria aplicada ao contexto dos fármacos e medicamentos

Metodologias de ensino: Ensino por Investigação; Casos de Ensino; Aprendizagem Cooperativa (método Jigsaw); Metodologias Ativas; Gamificação

Objetivo do Produto Educacional: Subsidiar o ensino de estequiometria no Ensino Médio por meio de uma sequência didática investigativa e interdisciplinar, fundamentada em casos de ensino contextualizados no tema dos medicamentos, favorecendo a articulação entre conceitos químicos, matemáticos e situações do cotidiano.

Produto vinculado à dissertação: “Missão Estequiometria: uma proposta didática investigativa para o ensino de estequiometria no contexto dos medicamentos”

Ano de elaboração: 2025



TEXTO DE APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO AO(À) PROFESSOR(A),

Este Produto Educacional apresenta uma proposta didática voltada ao ensino de estequiometria no Ensino Médio, estruturada a partir de metodologias ativas e investigativas, com ênfase no uso de casos de ensino contextualizados no tema dos medicamentos. A sequência didática foi concebida como um apoio ao trabalho docente, buscando favorecer a articulação entre conceitos químicos, raciocínio matemático e situações do cotidiano dos estudantes.

As atividades propostas estão organizadas de modo progressivo, permitindo que os estudantes mobilizem conhecimentos prévios, confrontem ideias, construam explicações e desenvolvam estratégias de resolução de problemas em contextos significativos. Nesse sentido, o Produto Educacional não se configura como um roteiro fechado ou prescritivo, mas como uma proposta pedagógica aberta, passível de adaptação conforme o contexto escolar, o perfil das turmas, o tempo disponível e os objetivos de aprendizagem definidos pelo(a) professor(a).

A autonomia docente é, portanto, um princípio central deste material. Cabe ao(à) professor(a) selecionar, reorganizar, ampliar ou suprimir etapas da sequência didática, bem como adaptar os instrumentos de avaliação e as estratégias metodológicas às especificidades de sua prática pedagógica. As orientações apresentadas ao longo do produto têm caráter indicativo e formativo, oferecendo subsídios para a implementação das atividades, sem restringir a liberdade de escolha e de condução do processo de ensino.

Espera-se que este Produto Educacional possa contribuir como um recurso de apoio ao ensino de estequiometria, estimulando práticas pedagógicas investigativas, contextualizadas e reflexivas, em consonância com as demandas do Ensino Médio contemporâneo e com os documentos curriculares vigentes.

Desejamos uma excelente missão investigativa!

AUTORAS



Fabiane Mascarello



Fernanda Miotto

Professora na rede pública de ensino atuando como docente nas disciplinas de Química, Resolução de Problemas MAT-CNT e Aprofundamento de Área MAt-CNT. Graduada em Química Licenciatura Plena (2007) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS), Especialista em Novas Metodologias para o Ensino de Ciências e suas Tecnologias (2011-UCS) e Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pela UCS.

Possui doutorado (2016) e mestrado (2010) em Engenharia e Ciência dos Materiais (2010) e Licenciatura Plena em Química (2007) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Atualmente é professora Adjunta I e permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Caxias do Sul.

fmiotto@ucs.br
prof.fabiquimica@gmail.com

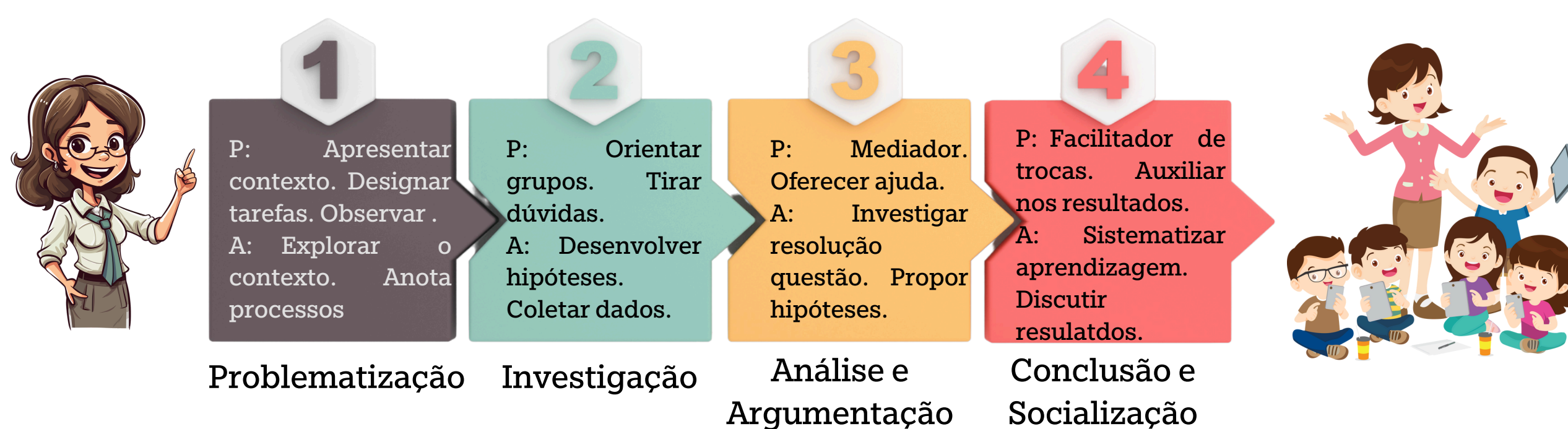
SUMÁRIO

Introdução.....	06
Missão 1 - Método Jigsaw : montagem do conhecimento.....	08
Missão 2 - Mapa Conceitual: organizando ideias e conexões	11
Missão 3 - Colmeia Estequiométrica : Conectando Conceitos.....	12
Missão 4 - Exemplos Associativos: Ativando e aplicando saberes.....	14
Missão 5 - Estações de Aprendizagem: ampliando desafios conceituais.....	17
Missão 6 - Casos de Ensino : Jornalismo Científico.....	22
Dossiê de Investigação científica - Caso 1.....	25
Dossiê de Investigação científica - Caso 2.....	28
Dossiê de Investigação científica - Caso 3.....	32
Dossiê de Investigação científica - Caso 4.....	35
Respostas.....	38
Missão 7 - Escape Room: O Laboratório Perdido da Estequiometria.....	44
Respostas	61
Mensagem Final.....	62
Bibliografia.....	63

1. INTRODUÇÃO

O ensino de estequiometria, tradicionalmente associado a cálculos e elevado nível de abstração, constitui um desafio recorrente no Ensino Médio, tanto para estudantes quanto para professores. Nesse contexto, o Produto Educacional Missão Estequiometria, destinado a turmas do 2º ano do Ensino Médio, apresenta-se como uma proposta didática que organiza o conteúdo em situações investigativas, articulando conceitos químicos a problemas contextualizados.

A proposta fundamenta-se no uso de casos de ensino integrados a uma abordagem investigativa, estruturando o processo de aprendizagem em etapas que envolvem a problematização inicial, a investigação orientada, a análise e argumentação dos dados e a socialização das conclusões. Essa organização busca favorecer a participação ativa dos estudantes e a construção progressiva dos conceitos científicos.



O eixo temático dos medicamentos foi adotado como elemento articulador das atividades, por possibilitar a contextualização dos conteúdos de estequiometria em situações relacionadas à saúde, à ética e à tomada de decisão científica. Dessa forma, os conceitos químicos são mobilizados a partir de problemas próximos à realidade dos estudantes, ampliando o sentido e a aplicabilidade do conhecimento escolar.

Cada missão é acompanhada de instrumentos de avaliação de caráter formativo, voltados à análise do raciocínio desenvolvido e dos processos investigativos mobilizados ao longo das atividades, e não apenas aos resultados finais. Nesse percurso, o papel do professor é o de mediador do processo de aprendizagem, orientando as discussões, auxiliando na sistematização dos conceitos e promovendo a reflexão crítica dos estudantes.

O Produto Educacional apoia-se nos pressupostos do Ensino por Investigação, conforme sistematizado por Carvalho (2013), compreendendo o ensino como um processo ativo de construção do conhecimento. Nessa perspectiva, os estudantes são convidados a levantar hipóteses, interpretar dados, argumentar com base em evidências e estabelecer relações entre teoria e prática.

A aplicação dessa abordagem nos casos de ensino elaborados na dissertação — que abordam situações relacionadas a erros em cálculos farmacêuticos, formulações de medicamentos e implicações éticas — permite que os alunos compreendam a estequiometria como uma ferramenta de resolução de problemas reais. Em cada caso, os estudantes são instigados a analisar informações, discutir hipóteses e propor soluções com base nas relações entre massa, mol, volume e partículas, estabelecendo uma conexão direta entre a teoria química e as situações concretas do cotidiano.

A investigação científica aplicada aos casos de ensino apresenta-se como um instrumento eficaz para ampliar a compreensão conceitual da estequiometria. Ao problematizar contextos autênticos e estimular o raciocínio lógico, o método favorece a passagem do conhecimento empírico para o conceitual, desenvolvendo competências cognitivas, comunicativas e éticas.

Assim, a Missão Estequiometria organiza-se como uma sequência de missões investigativas que articulam casos de ensino, estratégias colaborativas e situações-problema contextualizadas, oferecendo ao(à) professor(a) um material didático flexível, passível de adaptação conforme o contexto escolar, o perfil da turma e os objetivos pedagógicos definidos.

O Quadro 1, apresenta uma síntese dos principais elementos de cada missão e evidencia a progressão didática da proposta.

Quadro 1: Síntese de cada missão evidenciando principais recursos e o papel do professor.

Encontro / Missão	Duração Estimada	Objetivo Central	Principais Recursos / Estratégias	Papel do(a) Professor(a)
1. Método Jigsaw - Montagem do Conhecimento	100 min	Promover a construção colaborativa de conceitos fundamentais da estequiometria por meio do compartilhamento entre grupos de especialistas.	Textos de apoio, fichas de conceitos, quadro para síntese coletiva.	Organizar grupos, orientar leituras e promover o intercâmbio entre especialistas e base.
2. Colmeia Estequiométrica - Conectando Conceitos	100 min	Representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e partículas, integrando os saberes construídos no Jigsaw.	Folhas A4, hexágonos, marcadores, cola, mapa mental coletivo.	Mediação ativa; estimular a sistematização visual e a conexão entre os conceitos.
3. Exemplos Associativos - Aplicando Saberes	100 min	Aplicar os conceitos da colmeia em situações-problema contextualizadas envolvendo medicamentos.	Fichas de exercícios, colmeia, calculadora, discussão em duplas.	Orientar a resolução, oferecer feedback e incentivar a argumentação a partir dos erros.
4. Estações de Aprendizagem - SOS Flores da Cunha	150 min	Relacionar a estequiometria com questões de saúde e meio ambiente, por meio de desafios interdisciplinares.	Fichas de missão, roteiros de estação, calculadora, colmeia.	Garantir o rodízio entre estações, orientar a análise e conduzir a socialização dos resultados.
5. Casos de Ensino - Jornalismo Científico	450 min	Analisar e solucionar casos periciais sobre erros em medicamentos, desenvolvendo a argumentação e a ética científica.	Dossiês periciais, fichas de laudo, planilhas de cálculo, materiais de apoio.	Facilitar o debate, conduzir discussões, estimular a tomada de decisão e o pensamento crítico.
6. Escape Room - O Laboratório Perdido da Estequiometria	100 min	Consolidar o aprendizado de forma lúdica e colaborativa, resolvendo enigmas baseados em conteúdos de estequiometria.	Cartas de missão, pistas, materiais de apoio temático.	Atua como condutor do jogo, observa estratégias e auxilia quando necessário.



MISSÃO 1 – MÉTODO JIGSAW: MONTAGEM DO CONHECIMENTO

Esta primeira missão tem como propósito introduzir os fundamentos da estequiometria por meio de um processo colaborativo de investigação e troca de saberes. Inspirada no método Jigsaw, ou quebra-cabeça cooperativo, a atividade propõe envolver os estudantes na compreensão e no ensino de partes específicas do conteúdo, que são posteriormente compartilhadas com o grupo base, promovendo a corresponsabilidade e a interdependência positiva. Essa dinâmica, conforme defendem Aronson e Patnoe (2011), visa promover a cooperação e a aprendizagem mútua entre os pares, além de favorecer a autonomia, a argumentação e o pensamento crítico, elementos centrais no Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), estabelecendo as bases conceituais necessárias para as próximas etapas do produto educacional.

Objetivo: Promover a construção coletiva e investigativa dos conhecimentos iniciais de estequiometria, favorecendo a compreensão de conceitos fundamentais e suas relações no contexto da Química.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos cooperativos, organizados em grupos base e grupos de especialistas, conforme o método Jigsaw.

Materiais necessários: Placas ou fichas conceituais impressas (um conjunto por grupo de especialistas), quadro branco, cartolinas ou papel pardo, calculadoras simples e projetor multimídia (opcional).

Desenvolvimento da atividade: Inicialmente, organizar os estudantes em grupos base. Em seguida, atribuir a cada integrante um conjunto específico de conceitos relacionados à estequiometria, tais como cátions, ânions, elementos químicos e substâncias. Posteriormente, reunir os estudantes nos grupos de especialistas, nos quais deverão analisar os conceitos atribuídos, discutir exemplos, esclarecer dúvidas e construir explicações com apoio do professor. Após esse momento, orientar o retorno aos grupos base, para que cada estudante compartilhe os conhecimentos construídos nos grupos de especialistas, contribuindo para a resolução das questões propostas. Finalizar a atividade com uma discussão coletiva, promovendo a sistematização dos conceitos trabalhados.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação, a cooperação entre os estudantes e a clareza das explicações durante as discussões, com base na observação docente.

Orientações ao(à) professor(a): O professor atua como mediador do processo, organizando os grupos, orientando as leituras e promovendo a troca de conhecimentos entre os estudantes. A atividade pode ser adaptada quanto ao número de conceitos trabalhados ou à profundidade das discussões, conforme o perfil da turma e o tempo disponível. A inclusão de vídeos curtos ou exemplos experimentais simples pode ser considerada para enriquecer o trabalho dos grupos de especialistas.

Referência metodológica:

ARONSON, E. The Jigsaw Classroom. Beverly Hills: Sage, 1978.



- ✓ Variar os recursos: se possível, inclua vídeos curtos ou experimentos simples relacionados aos temas de cada especialista.
- ✓ Incentivar a autoria: estimular os grupos a criarem analogias, exemplos ou pequenas simulações para explicar os conceitos.

Instruções para Aplicação do Método Jigsaw

O método Jigsaw (ou quebra-cabeça cooperativo) consiste em uma estratégia de aprendizagem colaborativa que visa promover a responsabilidade individual e a interdependência positiva entre os estudantes. Nessa abordagem, cada participante assume o papel de especialista em uma parte do conteúdo e, posteriormente, compartilha seus conhecimentos com o grupo, favorecendo a construção coletiva do saber.

Etapas de aplicação:

- 1. Formar os grupos-base:** Organizar a turma em grupos heterogêneos, compostos por quatro a cinco estudantes. Atribuir a cada integrante cartas ou fichas conceituais que representem diferentes tipos de reações químicas. Orientar os estudantes a analisar, observar e compreender as informações contidas no material recebido.
- 2. Formar os grupos de especialistas:** Reunir os estudantes que receberam cartas do mesmo tipo em grupos de especialistas, denominados Cátions, Ânions, Elementos Simples e Substâncias. Nesses grupos, promover o estudo do conteúdo, o debate dos conceitos, a comparação de exemplos e a preparação de explicações conjuntas, com a mediação do professor.
- 3. Realizar a troca de conhecimentos:** Orientar o retorno dos estudantes aos grupos-base, de modo que cada integrante compartilhe com os colegas os conhecimentos construídos como especialista, utilizando suas próprias palavras e exemplos. Estimular os demais integrantes a realizar anotações, formular questionamentos e estabelecer relações entre os conceitos, com base nas questões orientadoras propostas pelo professor.
- 4. Promover a discussão final:** Encerrar a atividade com uma discussão coletiva, possibilitando que os grupos socializem suas conclusões e relacionem os conceitos aprendidos. Finalizar com a construção de um mapa conceitual síntese, representando as inter-relações entre os tipos de reações químicas e os princípios da estequiometria.

O Quadro 1 a seguir apresenta uma síntese das etapas de aplicação do método Jigsaw, destacando o papel do professor e dos estudantes em cada momento da atividade. Essa organização tem como objetivo facilitar a replicação da proposta em diferentes contextos escolares, permitindo que o docente visualize de forma clara as ações, os recursos necessários e as formas de mediação que favorecem a aprendizagem colaborativa e investigativa.

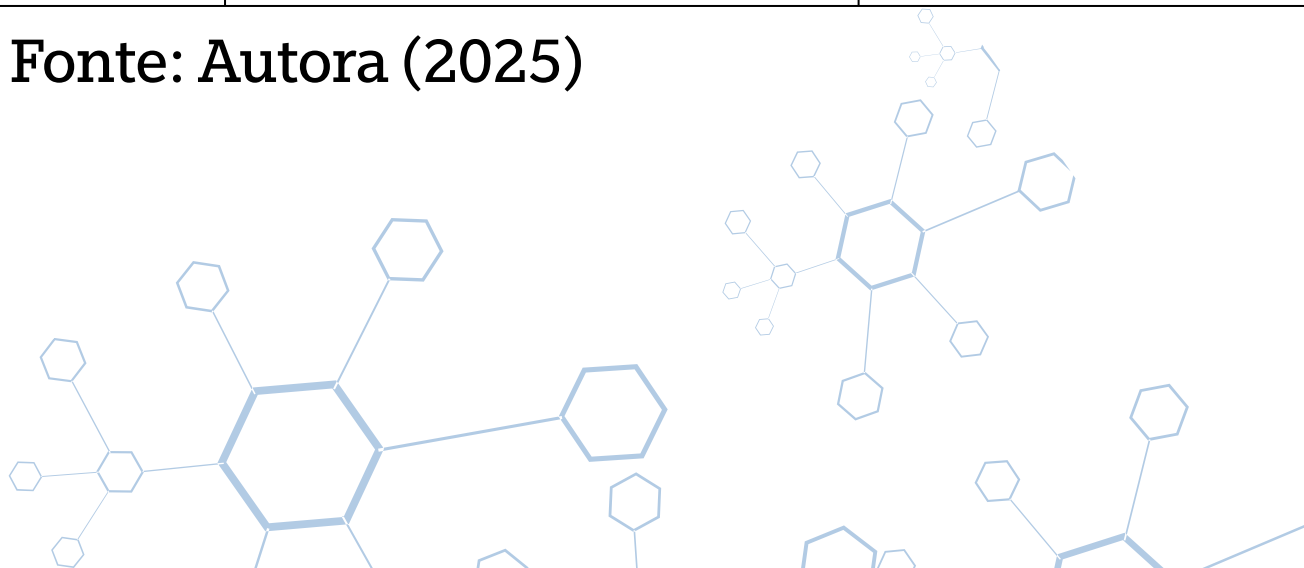
Quadro 1 – Síntese da Aplicação do Método Jigsaw

Etapa	Ação do Professor	Ação dos Estudantes	Recursos Didáticos
1. Formação dos grupos-base	Organizar a turma em grupos heterogêneos e distribuir cartas conceituais.	Analisar individualmente as informações da carta recebida.	Cartas ou fichas conceituais, quadro branco, canetas coloridas.
2. Formação dos grupos de especialistas	Reunir alunos por tema e orientar a troca de ideias.	Estudar, discutir e preparar explicações sobre o tema do grupo.	Materiais de apoio, textos curtos, quadro para anotações.
3. Troca de conhecimentos	Orientar o retorno aos grupos-base e acompanhar as explicações.	Ensinar aos colegas o conteúdo aprendido; registrar dúvidas e conclusões.	Fichas de síntese, caderno de anotações, material de consulta.
4. Discussão final e sistematização	Mediar o debate coletivo e guiar a construção do mapa conceitual.	Compartilhar conclusões, discutir aplicações e construir o mapa conceitual.	Cartolina, marcadores, modelo de mapa conceitual.

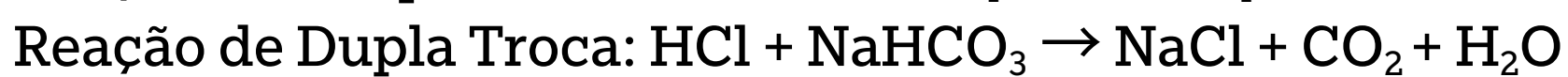
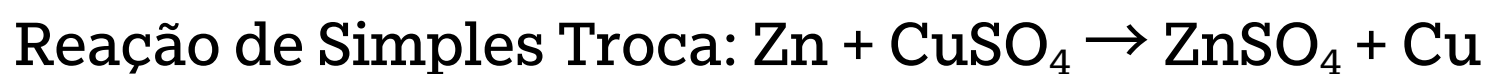
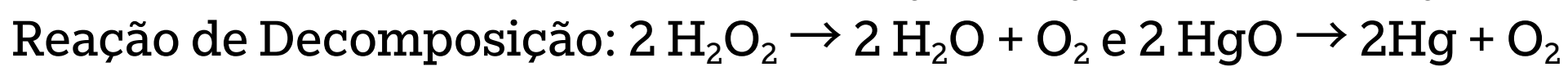
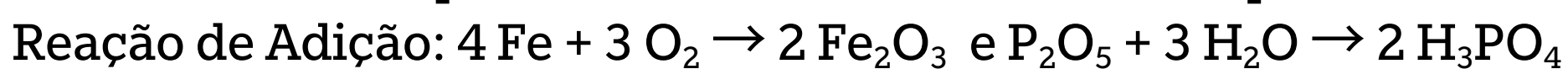


- ✓ Valorizar o papel de cada estudante no grupo, reforçando que todos são essenciais para o aprendizado coletivo
- ✓ Utilizar fichas de observação ou anotações rápidas para acompanhar o envolvimento, as explicações e a colaboração entre os alunos, facilitando a avaliação formativa.

Fonte: Autora (2025)



Exemplo de cartas a serem distribuídas para os estudantes:



Fe^{+3}	H^{+1}	Zn	Cu^{+2}	Na^{+1}	Cl^{-1}
O^{-2}	H_2O_2	SO_4^{-2}	Zn^{+2}	H^{+1}	O^{-2}
O_2	O^{-2}	H^{+1}	Cl^{-1}	H^{+1}	Cl^{-1}
Fe	O_2	Na^{+1}	OH^{-1}	Na^{+1}	Cl^{-1}
CO_2	H^{+1}	P^{+5}	H^{+1}	Cu	H_2O
O^{-2}	NaHCO_3	PO_4^{-3}	H_2O	Cl_2	SO_4^{-2}
Redator	Redator	Hg^{+2}	O^{-2}	KCl	K^{+1}
Redator	Redator	Hg	O_2	Br_2	Br^{-1}

Após troca de conhecimento com os colegas, considere a(s) reação(ões) química(s) do seu grupo e respondam às questões:

- 1) Como prever a fórmula de um composto a partir de cargas dos íons?
- 2) Como podemos definir qual o tipo de reação química?
- 3) Como se pode identificar a ocorrência de reações químicas?
- 4) O tipo de reação do seu grupo pode ser identificado por alguma evidência?
- 5) Qual a importância da conservação da massa nas reações químicas?
- 6) Monte a reação química e faça seu balanceamento.



✓ Varie os recursos: se possível, inclua vídeos curtos ou experimentos simples relacionados aos temas de cada especialista.
 ✓ Incentive a autoria: estimule os grupos a criarem analogias, exemplos ou pequenas simulações para explicar os conceitos.



MISSÃO 2 – MAPA CONCEITUAL: ORGANIZANDO IDEIAS E CONEXÕES

Nesta segunda missão, os estudantes aplicam o conhecimento construído na Missão 1 (método Jigsaw) para elaborar coletivamente um mapa conceitual, representando as conexões entre massa, mol, volume e partículas. Essa atividade tem como propósito organizar e hierarquizar os conceitos da estequiometria, possibilitando que os alunos visualizem as relações entre os conteúdos de forma integrada e significativa. De acordo com Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais constituem instrumentos eficazes para a representação gráfica do conhecimento e para a promoção da aprendizagem significativa, pois permitem ao estudante estabelecer relações entre conceitos previamente adquiridos e novos conteúdos em construção.

Objetivo da missão: Representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e número de partículas, integrando os conhecimentos construídos na Missão 1.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em pequenos grupos.

Materiais necessários: Folhas A4 ou cartolina, livro didático, canetas coloridas, cola e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Disponibilizar aos grupos o livro didático contendo os conceitos fundamentais da estequiometria. Orientar os estudantes a organizar os hexágonos de modo a representar graficamente as relações entre massa, mol, volume e número de partículas, construindo um mapa conceitual coletivo. Durante a atividade, incentivar a reorganização sempre que novas relações forem identificadas, favorecendo a construção progressiva do mapa conceitual.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes e a coerência das relações estabelecidas entre os conceitos.

Orientações ao(a) professor(a): A quantidade de conceitos e o nível de complexidade das relações podem ser ajustados conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos.



- ✓ Permitir que os grupos personalizem com cores, ícones ou setas, reforçando as ligações conceituais.
- ✓ Reorganizar o mapa como um único mapa conceitual da turma.



MISSÃO 3 – COLMEIA ESTEQUIOMÉTRICA: CONECTANDO CONCEITOS

Os estudantes devem utilizar o material construído como apoio para resolver exemplos práticos, estações de aprendizagem e casos de ensino. Essas atividades tem o propósito de reforçar as relações entre os conceitos de massa, mol, volume, e proporções e rendimento, funcionando como ponte entre a teoria e a prática. Assim poderão aprender de forma gradual, como aplicar a colmeia estequiométrica na resolução de situações contextualizadas especialmente em temas relacionados a medicamentos e área da saúde.

Objetivo da missão: Organizar e integrar os conceitos fundamentais da estequiometria, estabelecendo relações entre massa, mol, volume e número de partículas por meio de uma representação gráfica coletiva.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida individualmente.

Materiais necessários: Folhas A4 ou cartolina, hexágonos impressos, canetas coloridas, tesoura e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Disponibilizar aos grupos os hexágonos. Orientar os estudantes a organizar os hexágonos de forma articulada, construindo uma colmeia conceitual que represente graficamente as relações entre essas grandezas. Incentivar a discussão coletiva dentro dos grupos, de modo que os estudantes justifiquem a disposição dos hexágonos e revisem as conexões estabelecidas sempre que necessário. Durante a atividade, promover intervenções pontuais, auxiliando na identificação de relações inadequadas e na reorganização conceitual, sem fornecer respostas prontas.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes, a coerência das relações estabelecidas entre os conceitos e a capacidade de justificar as conexões representadas na colmeia.

Orientações ao(a) professor(a): A colmeia estequiométrica pode ser retomada e ampliada ao longo da sequência didática, funcionando como um organizador visual para a resolução de situações-problema posteriores.

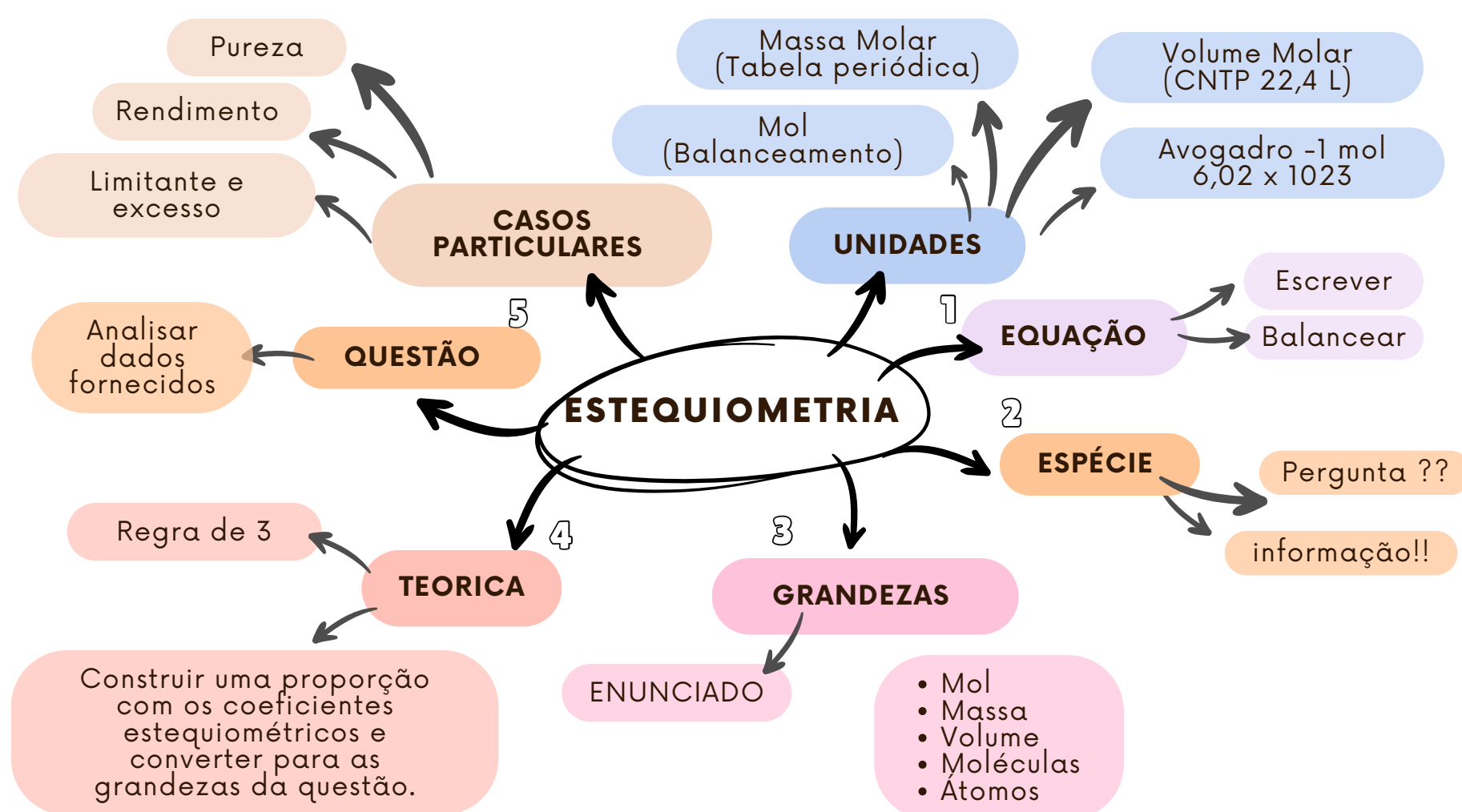


Figura 1 – Mapa mental dos conceitos fundamentais de estequiometria utilizado como referência para a construção da Colmeia Estequiométrica.

Fonte: elaborado pela professora-autora (2025).



✓ Usar a colmeia como mural interativo na sala: fixar em papel kraft ou cartolina para que os hexágonos possam ser reposicionados conforme a atividade.



O mapa mental a seguir, figura 2, intitulado Colmeia Estequiométrica, deve ser utilizado como recurso introdutório para apresentar e explicar os conceitos fundamentais de estequiometria. Esse material serve como base conceitual para que os alunos construam suas próprias Colmeias Estequiométricas durante as atividades. O modelo pode ser impresso e utilizado por outros professores como apoio didático na introdução do tema auxiliando na visualização e organização dos principais conceitos.

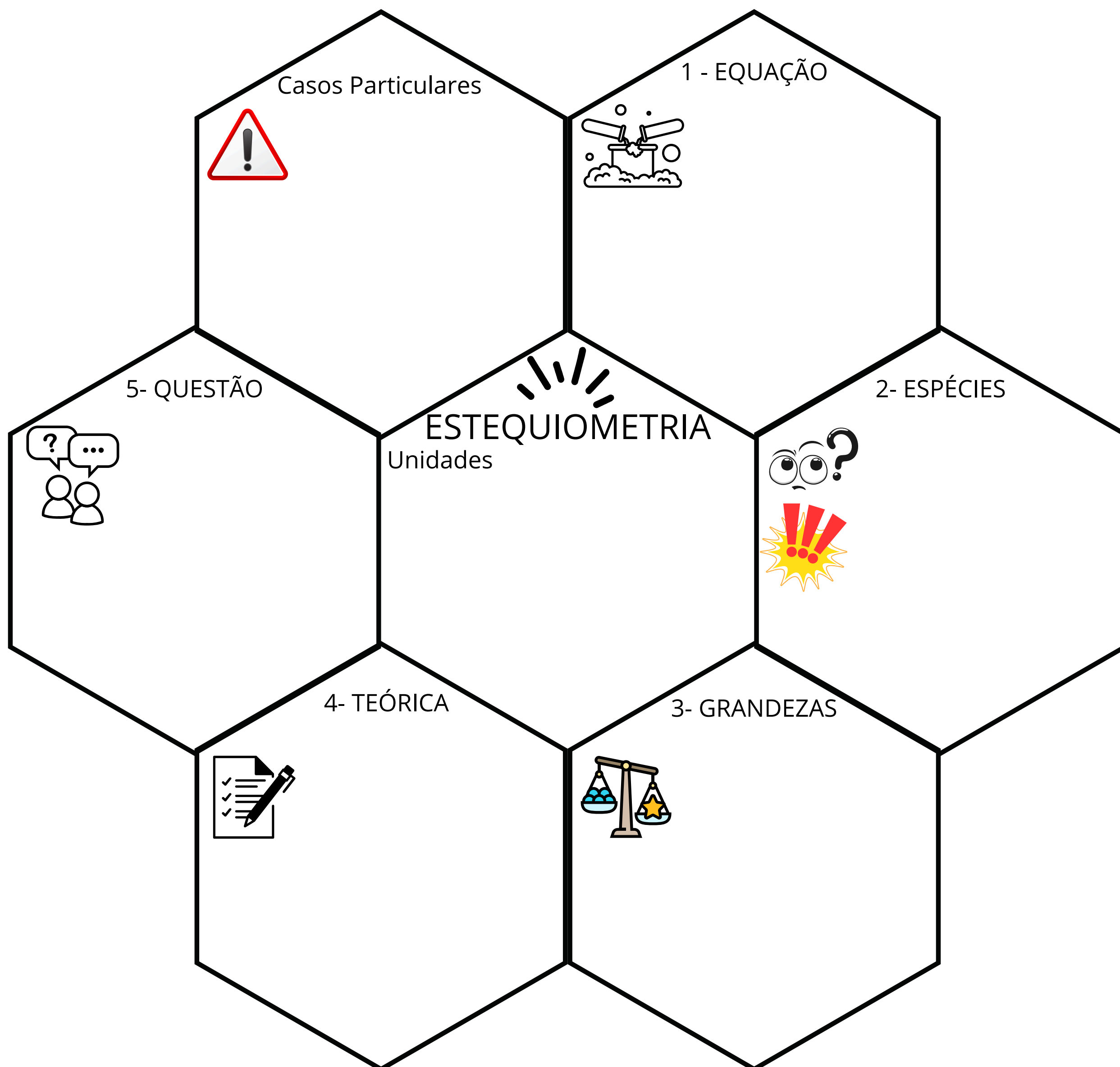


Figura 2 – Colmeia Estequiométrica: modelo visual para impressão e utilização em sala de aula como recurso de sistematização dos conceitos de estequiometria.

Fonte: elaborado pelas professora-autora (2025).



✓ Decore a colmeia estequiométrica, recorte e dobre para que vire um hexágono.



MISSÃO 4 – EXEMPLOS ASSOCIATIVOS: ATIVANDO E APLICANDO SABERES

Exemplos associativos, que visam reforçar as conexões entre os conceitos abordados (massa, mol, volume, partículas, proporções e rendimento). Esses exemplos servem como ponte entre a teoria e a prática, permitindo que os alunos compreendam, de forma progressiva, como aplicar a colmeia para resolver situações contextualizadas com medicamentos e saúde, preparando-os para os desafios investigativos das próximas missões.

Objetivo da missão: Aplicar os conceitos de estequiometria por meio da resolução de exemplos associativos, utilizando a colmeia estequiométrica como suporte para a organização do raciocínio químico-matemático.

Duração estimada: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em duplas.

Materiais necessários: Fichas com exemplos associativos, colmeia estequiométrica, calculadora e tabela periódica.

Desenvolvimento da atividade: Propor exemplos associativos que envolvam situações contextualizadas relacionadas a medicamentos e dosagens. Orientar as duplas a realizar a leitura cuidadosa dos enunciados, identificar as grandezas envolvidas, estabelecer as relações necessárias entre massa, mol e volume e resolver os cálculos propostos com apoio da colmeia estequiométrica. Estimular a discussão entre os pares, favorecendo a explicitação das estratégias de resolução e a revisão de possíveis equívocos conceituais ao longo da atividade.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação das duplas e a coerência dos procedimentos adotados na resolução dos exemplos.

Orientações ao(à) professor(a): Selecionar ou adaptar os exemplos conforme o contexto da turma e o tempo disponível. Utilizar erros recorrentes como oportunidades para retomada conceitual e aprofundamento do raciocínio estequiométrico.

Exemplos Associativos: do conceito à aplicação

1

Leia com atenção o enunciado dos exemplos e anote as informações.

2

Verifique e analise quais são as grandezas envolvidas na pergunta e na informação.

3

Tire suas dúvidas com o professor e discuta com seus colegas a situação.

4

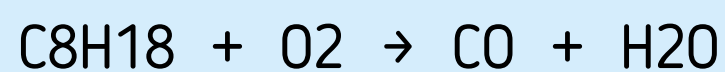
Monte a regra de 3. Analise novamente os dados fornecidos.



✓ Adapte o Questionário Diagnóstico ao seu contexto: Use formas diferentes de aplicação como o Google Forms.
✓ Explore erros comuns como ponto de partida: destaque erros conceituais recorrentes e utilize-os como exemplos de partida nos exercícios.

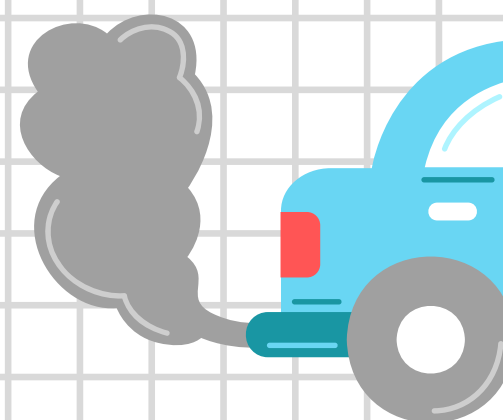
Exemplo 1

Motores a combustão podem produzir monóxido de carbono (CO), um gás tóxico. A queima incompleta da gasolina (C₈H₁₈) pode ser representada por



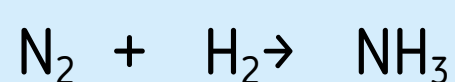
Se um veículo libera 5,0 kg de CO em um dia, qual a quantidade mínima de O₂ consumida em átomos?

Resposta:



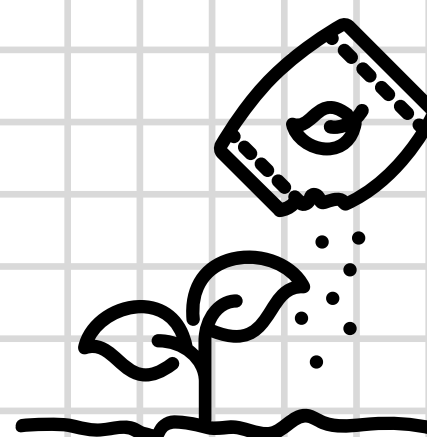
Exemplo 2

A produção de amônia é essencial para fertilizantes. O processo Haber-Bosch segue a equação:



Se uma indústria precisa produzir 100 kg de amônia, qual a massa mínima de hidrogênio necessária em gramas?

Resposta:



Exemplo 3

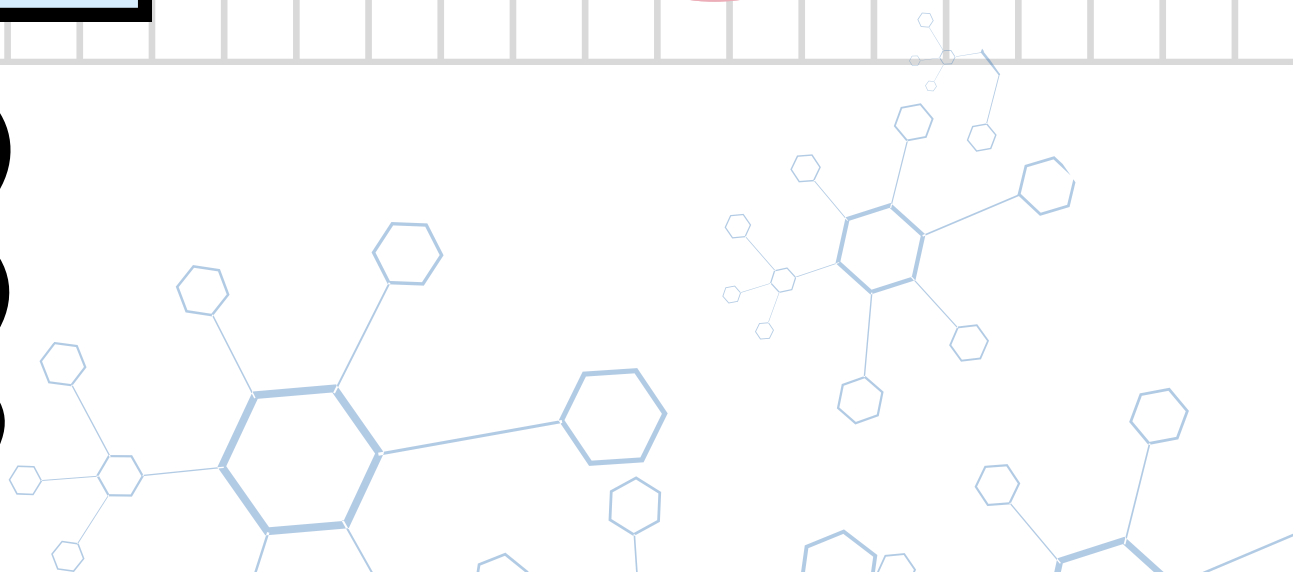
Os antiácidos, como o hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂), neutralizam o ácido clorídrico (HCl) do estômago, produzindo sal e água. Se uma pessoa ingeriu 1,5 g de Mg(OH)₂, qual a quantidade em mols de HCl que será neutralizada?

Dado: monte a equação descrita balanceada.

Resposta:



✓Adapte os exemplos associativos à realidade da sua comunidade e da sua escola.
✓Destaque erros conceituais recorrentes e utilize-os como exemplos de partida nos exercícios.



Exemplo 4

O paracetamol ($C_8H_9NO_2$) é metabolizado no fígado e pode reagir com o oxigênio conforme a equação:



Se uma pessoa ingerir 500 mg de paracetamol, quantas moléculas de CO_2 serão produzidas em sua metabolização?

Resposta:



Respostas:

- 1) R: $1,14 \cdot 10^{24}$ átomos O_2
- 2) R: 17 647, 05 g H_2
- 3) R: 0,051 mol HCl
- 4) R: $1,59 \cdot 10^{23}$ moléc. CO_2



✓Se considerar necessário poderá acrescentar mais exemplos associativos.
✓A utilização da colmeia estequiométrica é opcional. Poderá utilizar outros materiais de apoio.



MISSÃO 5 – ESTAÇÕES DE APRENDIZAGEM : AMPLIANDO DESAFIOS CONCEITUAIS

As estações de aprendizagem organizam diferentes situações-problema sobre um mesmo tema, distribuídas em espaços distintos da sala de aula, pelos quais os estudantes circulam em pequenos grupos. Nesta missão, essa estratégia é utilizada para ampliar progressivamente o nível de desafio conceitual e procedimental, por meio de atividades contextualizadas relacionadas à estequiometria, aos medicamentos e a questões de saúde e meio ambiente.

Objetivo: Ampliar o raciocínio estequiométrico por meio da resolução de situações-problema investigativas, integrando conceitos químicos e matemáticos em contextos relacionados à saúde, aos medicamentos e ao meio ambiente.

Tempo estimado: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos, organizados em sistema de rodízio entre estações de aprendizagem.

Materiais necessários: Roteiros das estações de aprendizagem, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio específicos de cada estação.

Desenvolvimento da atividade: Organizar a sala em estações de aprendizagem, cada uma contendo uma situação-problema distinta. Orientar os grupos a circular pelas estações em tempo previamente determinado, realizando a leitura dos enunciados, identificando as grandezas envolvidas, estabelecendo as relações necessárias e registrando as soluções propostas. Estimular a discussão entre os integrantes do grupo e o uso da colmeia estequiométrica como apoio à organização do raciocínio. Ao final do rodízio, promover uma socialização coletiva, discutindo as estratégias adotadas e as dificuldades encontradas nas diferentes estações.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos grupos, a coerência das soluções apresentadas e a capacidade de articular conceitos químicos, matemáticos e contextuais.

Orientações ao(a) professor(a): Ajustar o número de estações, o tempo de permanência e o nível de complexidade das situações-problema conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos. As estações podem ser reorganizadas, reduzidas ou reutilizadas em outros momentos da sequência didática, conforme a necessidade.

CONTEXTO:

Vocês são uma equipe de jovens cientistas do Ensino Médio recrutados para uma missão crítica nesta cidade. A cidade enfrenta uma crise ambiental e farmacêutica:

- Resíduos de medicamentos estão contaminando rios.
- Fábricas de fármacos estão com problemas no controle de qualidade.
- Agricultores relatam solo ácido devido a resíduos químicos.
- A população está preocupada com dosagens incorretas de remédios.

Sua missão é passar por 7 estações científicas, resolvendo desafios com cálculos, análises e reações químicas para salvar a cidade!



- ✓ Contextualização com problemas reais da comunidade local: incluir reportagens locais.
- ✓ Adição de uma estação experimental: realizar uma mini prática simples (ex: identificação de pH em medicamentos), ou reduzir o número de estações.





Estação 1: Extração de princípios ativos

Missão: Em Flores da Cunha, agricultores usam cascas de salgueiro para produzir ácido salicílico ($C_7H_6O_3$), um precursor natural da aspirina. Sua equipe precisa calcular quantas moléculas desse composto estão presentes no extrato obtido.

A extração do ácido salicílico a partir da salicilina presente na casca do salgueiro pode ser representada por:



Atividade:

- Quantas moléculas de ácido salicílico são produzidas a partir de 500 L de água?

Estação 2: SOS dosagem de medicamentos



Missão: Uma farmácia local está produzindo aspirina artesanal para uma comunidade rural. Para evitar desperdícios, os cálculos precisam ser precisos. Calcular a dosagem correta de aspirina para um paciente.

Deseja-se produzir aspirina, a partir da reação:



Atividade:

Qual a massa de ácido salicílico ($C_7H_6O_3$) necessária para produzir 3,7 mol de aspirina ($C_9H_8O_4$)?

ESTAÇÃO 3: O VENENO INVISÍVEL NO RIO

Missão: O descarte incorreto de paracetamol tem contaminado um rio. 5 g de paracetamol foram encontrados num curso d'água. A oxidação do fármaco na água pode gerar gases tóxicos.



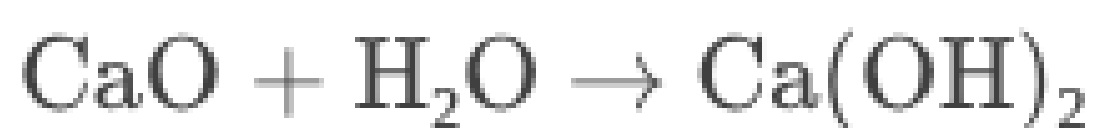
Atividade:

Quantos mols de NO_2 seriam produzidos?



ESTAÇÃO 4: CORRIGINDO O SOLO ÁCIDO

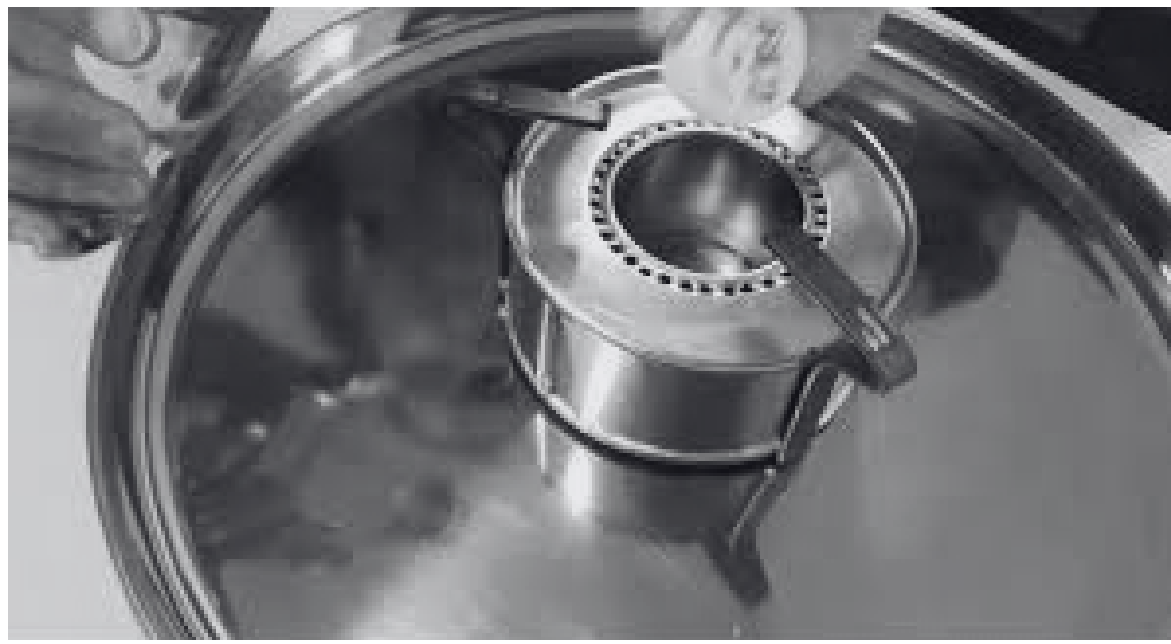
Missão: Ajustar o pH do solo com cal virgem (CaO). É uma reação exotérmica (libera calor).



Atividade:

Quantos gramas de CaO são necessários para produzir 10 L de $Ca(OH)_2$?





ESTAÇÃO 5: ETANOL E EMISSÕES NA ZONA RURAL

Missão: Durante uma vistoria em propriedades rurais, foram encontrados fogões abastecidos com etanol. A emissão de CO_2 foi medida.

Foram queimados 378 g de etanol.



Atividade:

Quantos mols de CO_2 foram liberados?



ESTAÇÃO 6: ANTIÁCIDOS E O ALÍVIO QUÍMICO

Missão: Uma fábrica local está desenvolvendo comprimidos antiácidos à base de bicarbonato de sódio para distribuição gratuita.

Cada comprimido contém 0,336 g de NaHCO_3 .



Atividade:

Qual o volume de CO_2 liberado (a 25°C e 1 atm)?

ESTAÇÃO 7: INVESTIGAÇÃO FORENSE - DEGRADAÇÃO DE MEDICAMENTOS NO ORGANISMO



Missão: Desvendar um caso de intoxicação por medicamentos em Flores da Cunha.

Um paciente foi encontrado com sintomas de overdose após tomar um comprimido adulterado. Sua equipe, como peritos farmacêuticos, deve analisar a decomposição metabólica da dipirona ($C_{13}H_{16}N_3NaO_4S$) no corpo humano para identificar o risco real.

Dados do Caso:

- Medicamento envolvido: Dipirona (analgésico comum).
- Massa do comprimido suspeito: 500 mg.
- Sintomas do paciente: Náuseas e taquicardia (indicando possível liberação excessiva de enxofre no metabolismo).



Atividade:

Se 1 comprimido (500 mg) é metabolizado, quantos gramas de enxofre (S) são liberados?

RESPOSTAS:

Estação 1: R: $2,68 \cdot 10^{24}$ moléculas $C_7H_8O_3$

Estação 2: R: 510,6 g $C_7H_6O_3$

Estação 3: R: 0,33 mols NO_2

Estação 4: 25 g CaO

Estação 5: R: 16,43 mols CO_2

Estação 6: R: 0,0896 L CO_2

Estação 7: R: 0,048 g S



MISSÃO 6 – CASOS DE ENSINO : JORNALISMO CIENTÍFICO

Os casos de ensino consistem em situações-problema contextualizadas que demandam análise, tomada de decisão e argumentação fundamentada. Nesta missão, os casos são utilizados como estratégia investigativa para aprofundar a compreensão da estequiometria aplicada ao contexto dos medicamentos, favorecendo a articulação entre conceitos químicos, matemáticos e sociais.

Objetivo: Analisar e resolver casos de ensino relacionados a medicamentos e dosagens, mobilizando conceitos de estequiometria, raciocínio proporcional e argumentação científica.

Tempo estimado: 9 períodos de 50 minutos.

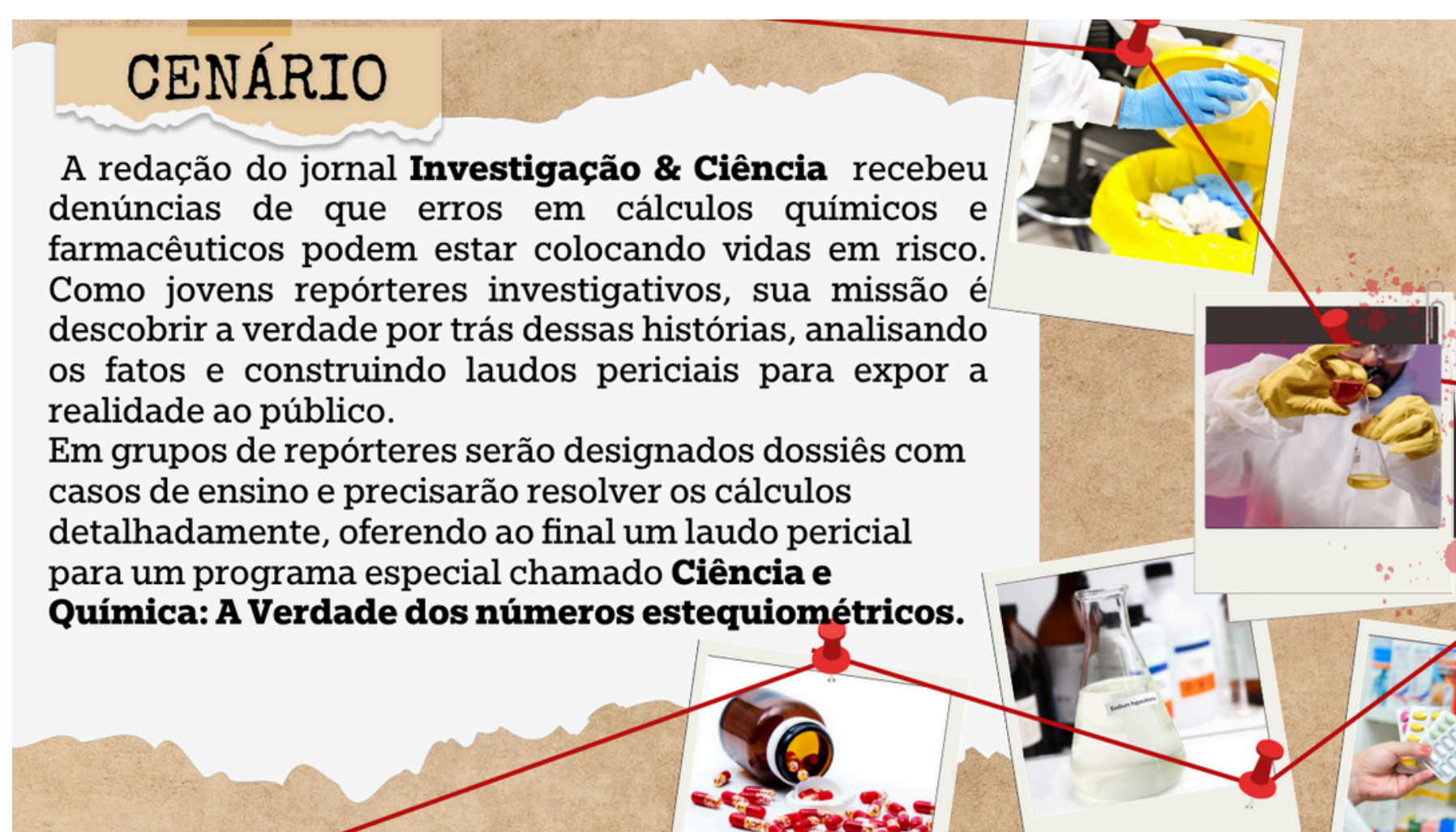
Organização da turma: Atividade desenvolvida em pequenos grupos.

Materiais necessários: Dossiês dos casos de ensino, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio disponibilizados pelo professor.

Desenvolvimento da atividade: Apresentar aos grupos os casos de ensino e orientar a leitura cuidadosa das situações-problema. Solicitar a identificação do problema central, a seleção das informações relevantes e a realização dos cálculos necessários para a tomada de decisão. Estimular a discussão coletiva, a justificativa das soluções e a socialização das estratégias adotadas ao final da atividade.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos estudantes, a coerência das soluções apresentadas, a adequação dos cálculos realizados e a qualidade da argumentação científica desenvolvida durante a análise dos casos.

Orientações ao(à) professor(a): Selecionar ou adaptar os casos de ensino conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos, orientando a resolução em etapas, se necessário. Os casos podem ser retomados posteriormente para aprofundamento conceitual ou ampliação das discussões.



CENÁRIO

A redação do jornal **Investigação & Ciência** recebeu denúncias de que erros em cálculos químicos e farmacêuticos podem estar colocando vidas em risco. Como jovens repórteres investigativos, sua missão é descobrir a verdade por trás dessas histórias, analisando os fatos e construindo laudos periciais para expor a realidade ao público.

Em grupos de repórteres serão designados dossiês com casos de ensino e precisarão resolver os cálculos detalhadamente, oferecendo ao final um laudo pericial para um programa especial chamado **Ciência e Química: A Verdade dos números estequiométricos**.



- ✓ Oferecer diferentes formatos de apresentação do laudo: relatório escrito, podcast científico, simulação de telejornal.
- ✓ Usar gráficos ou infográficos nos laudos: incentivo ao letramento científico e visual.

QUÍMICA

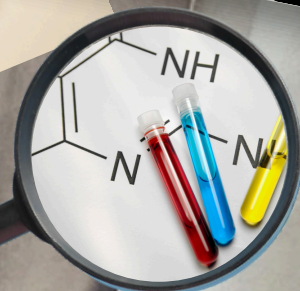
DOSSIÊ
CONFIDENTIAL

MISSÃO: JORNALISMO CIENTÍFICO

Investigação Pericial em Ação!

PROF: FABIANE MASCARELLO

INVESTIGAÇÃO & CIÊNCIA






Cenário

A redação do jornal **Investigação & Ciência** recebeu denúncias de que erros em cálculos químicos e farmacêuticos podem estar colocando vidas em risco. Como jovens repórteres investigativos, sua missão é descobrir a verdade por trás dessas histórias, analisando os fatos e construindo laudos periciais para expor a realidade ao público.

Em grupos de repórteres serão designados dossiês com casos de ensino e precisarão resolver os cálculos detalhadamente, oferecendo ao final um laudo pericial para um programa especial chamado **Ciência e Química: A Verdade dos números estequiométricos**.



Como será a investigação?

Cada aluno receberá um dossiê do caso com um problema a ser resolvido, incluindo documentos, dados estequiométricos e dossiê com informações para serem utilizadas nos cálculos e experimentos.

Em equipes devem:

1. Analisar as evidências 📄 - Identificar os cálculos necessários para validar a denúncia.
2. Elaborar um laudo pericial 🔬 - Resolver os cálculos do caso e apresentar a comprovação científica.
3. Apresentar ao público 🗣️ - Compartilhar a investigação com a turma e com o professor.



Casos para investigação

Cada equipe investigará um caso baseado nos problemas apresentados no arquivo entregue pelo professor.

2.6.1 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 1: A Medicação Certa: Questão de Vida ou Morte

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação: _____

MISSÃO: DESCOBRIR SE UM HOSPITAL ESTÁ ADMINISTRANDO DOSES ERRADAS DE UM MEDICAMENTO PARA FEBRE.

TAREFA: CALCULAR A DOSAGEM CORRETA E VERIFICAR SE HÁ RISCO DE SUPERDOSAGEM.

Uma jovem de 16 anos, estudante do segundo ano do Ensino Médio, foi levada às pressas ao hospital com febre alta e dores no corpo. Após avaliação médica, foi receitado um medicamento antitérmico e analgésico à base de paracetamol, administrado na forma líquida intravenosa.

O médico prescreveu uma dose de 500 mg do medicamento a cada 6 horas. No entanto, o hospital dispõe do medicamento apenas em solução de concentração de 200 mg a cada 1 mL. Devido à gravidade do quadro clínico da paciente, o cálculo e a aplicação correta da dose são fundamentais.

Se você fosse responsável pela administração do medicamento, como poderia determinar o volume correto da solução que deve ser aplicada na paciente para obedecer à prescrição médica?

1. Questões de Desenvolvimento:

- Qual é a concentração em mg/mL do medicamento disponível no hospital?
- Considerando a concentração encontrada, qual volume da solução corresponde à dose de 500 mg prescrita pelo médico?
- Se a paciente precisar receber quatro doses por dia, quantos mililitros serão administrados no total?
- Caso seja necessário diluir a solução para facilitar a administração intravenosa, como você faria para obter uma solução com metade da concentração original? Que cálculos seriam necessários?

2. Para ir além

- Quais consequências poderiam ocorrer caso os cálculos estequiométricos fossem realizados incorretamente?
- Por que é importante entender a relação entre concentração, volume e massa ao administrar medicamentos?
- Em sua opinião, de que maneira o domínio desses cálculos influencia a qualidade e segurança no atendimento à saúde?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.202 / 2025 Caso Nº 0001
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO DA MEDICAÇÃO CERTA: QUESTÃO DE VIDA OU MORTE

1. Questões de Desenvolvimento:

2. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

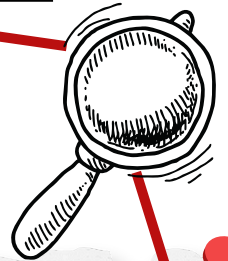


Quais cálculos tive facilidade de entender

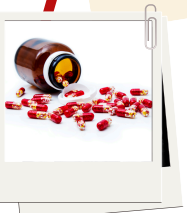
IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:




Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.2 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação:

MISSÃO: ANALISAR SE UMA FARMÁCIA ESTÁ VENDENDO MEDICAMENTOS COM CONCENTRAÇÕES DIFERENTES DAS INDICADAS.

TAREFA: REALIZAR CÁLCULOS DE CONCENTRAÇÃO E VERIFICAR POSSÍVEIS ADULTERAÇÕES.

Em um posto de saúde local, uma criança foi trazida apresentando sinais graves de desidratação devido a um episódio prolongado de vômitos e diarreia. O médico responsável solicita rapidamente a preparação de uma solução de bicarbonato de sódio a 5% para iniciar o tratamento emergencial da criança, visando restaurar seu equilíbrio ácido-base.

Você, responsável pelo preparo da solução no ambulatório, precisa garantir que a solução tenha exatamente a concentração prescrita para evitar complicações médicas.

1. Questão Inicial:

Como você determinaria a quantidade exata de bicarbonato de sódio necessária para preparar corretamente 1000 mL de uma solução a 5%?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) O que significa uma solução com concentração a 5% (m/v)?

b) Quantos gramas de bicarbonato de sódio devem ser pesados para preparar a solução solicitada pelo médico?

c) Como você realizaria a preparação prática dessa solução no laboratório, considerando segurança e precisão?

d) Se fossem necessários apenas 250 mL dessa solução, quantos gramas de bicarbonato seriam necessários?


3. Para ir além:

I) Quais seriam as possíveis consequências para o paciente caso a concentração da solução preparada estivesse incorreta?

II) De que maneira entender esses cálculos de concentração ajuda a prevenir erros no tratamento médico?


III) Como você explicaria para outras pessoas a importância da precisão em preparações farmacêuticas ou médicas?

ROTEIRO EXPERIMENTAL: PREPARAÇÃO DE SOLUÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO A 5%

 Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação: _____

OBJETIVO: PREPARAR CORRETAMENTE UMA SOLUÇÃO DE BICARBONATO DE SÓDIO (NaHCO₃) A 5% (M/V) PARA USO EM TRATAMENTO MÉDICO EMERGENCIAL.

MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- Bicarbonato de sódio (NaHCO₃) de grau farmacêutico ou analítico
- Balança * Papel para pesagem * Béquer de 250 mL
- Bastão de vidro * Balão volumétrico de 1000 mL * Água destilada
- Pipeta volumétrica de 50 mL * Pera de sucção
- EPI (Equipamentos de Proteção Individual): jaleco, luvas e óculos de segurança

PROCEDIMENTO:

1. Cálculo da Massa de Bicarbonato de Sódio:

- Uma solução a 5% (m/v) significa 5 gramas de soluto em 100 mL de solução.
- Para 1000 mL (1 L) de solução:
 - Massa de NaHCO₃ = _____ g (calcular)

2. Pesagem do Soluto:

- Ligue a balança. Coloque o papel de pesagem na balança e tare (zerar) o peso. Adicione cuidadosamente _____ g de bicarbonato de sódio.

3. Dissolução do Soluto:

- Transfira o bicarbonato de sódio pesado para um béquer de 250 mL limpo. Adicione aproximadamente 200 mL de água destilada ao béquer. Utilize o bastão de vidro para agitar a mistura até completa dissolução do soluto.

4. Transferência para o Balão Volumétrico:

- Após a dissolução completa, transfira a solução do béquer para um balão volumétrico de 1000 mL. Lave o béquer com pequenas porções de água destilada e transfira as lavagens para o balão volumétrico para garantir que todo o soluto seja transferido.

5. Completar o Volume:

- Adicione água destilada ao balão volumétrico até cerca de 1 cm abaixo da marca de 1000 mL. Ajuste o menisco até a marca de 1000 mL utilizando uma pipeta volumétrica para maior precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

- Se fossem necessários apenas 250 mL dessa solução, quantos gramas de bicarbonato seriam necessários?
- Cálculo:

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso N° 0002
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO EMERGÊNCIA NO AMBULATÓRIO: PREPARANDO SOLUÇÕES CORRETAMENTE

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

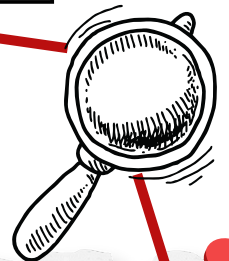


Quais cálculos tive facilidade de entender

IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:




Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.3 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

 Caso nº 3 : Produzindo Hipoclorito: A Química na Linha de Frente Contra o Vírus

 17 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

 Setor de Investigação:

MISSÃO: PRODUZIR EXATAMENTE 270 G DE HIPOCLORITO DE SÓDIO PARA ABASTECER HOSPITAIS DA REGIÃO, GARANTINDO A EFICÁCIA E SEGURANÇA DO PRODUTO.

TAREFA: CALCULAR AS QUANTIDADES PRECISAS NECESSÁRIAS PARA SINTETIZAR HIPOCLORITO DE SÓDIO.

Durante a pandemia do novo coronavírus, as medidas de higiene tornaram-se extremamente importantes para prevenir a disseminação da doença. Uma das substâncias amplamente utilizadas para limpeza e desinfecção é o hipoclorito de sódio (NaClO), conhecido por seu poder bactericida e alvejante.

Você trabalha em uma pequena indústria química responsável pela produção de soluções desinfetantes à base de hipoclorito. Para produzir o hipoclorito de sódio, é realizada uma reação química entre o gás cloro (Cl_2) e a soda cáustica (NaOH) em solução aquosa, formando hipoclorito de sódio e água.

O seu desafio hoje é produzir exatamente 270 g de hipoclorito de sódio para abastecer hospitais da região.

1. Questão Inicial:

Qual é a importância de realizar corretamente os cálculos das quantidades dos reagentes para garantir a produção segura e eficaz do hipoclorito de sódio?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) Escreva e balanceie a reação química que descreve a obtenção do hipoclorito de sódio a partir do gás cloro (Cl_2) e da soda cáustica (NaOH).

b) Determine a massa molecular do hipoclorito de sódio (NaClO) e do hidróxido de sódio (NaOH).

c) Calcule quantos mols de hipoclorito de sódio (NaClO) correspondem aos 270 g que precisam ser produzidos.

d) Usando as proporções molares da reação balanceada, calcule quantos mols e qual massa de hidróxido de sódio (NaOH) são necessários para obter a quantidade desejada de hipoclorito de sódio.

3. Para ir além:

I) Qual poderia ser o impacto econômico e ambiental caso esses cálculos fossem realizados incorretamente na produção industrial?

II) Por que o conhecimento de estequiometria é fundamental para profissionais que atuam diretamente na produção de substâncias químicas com aplicações práticas, como no combate a doenças?

II) Como você comunicaria de forma simples e clara a importância desse conhecimento a colegas não especializados em química?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso Nº 0003
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO PRODUZINDO HIPOCLORITO: A QUÍMICA NA LINHA DE FRENTE CONTRA O VÍRUS

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.

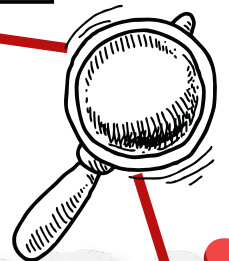


Quais cálculos tive facilidade de entender

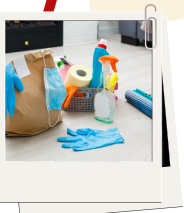
IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:



Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender




2.6.4 DOSSIÊ DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Caso nº 4: Descarte Seguro de Medicamentos: Protegendo o Meio Ambiente

 Data da investigação: _____

 Equipe de Repórteres: _____

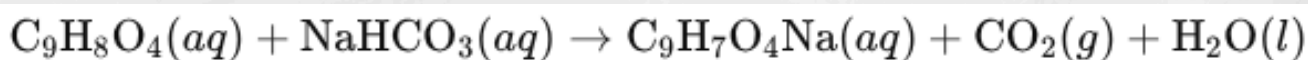
 Setor de Investigação: _____

MISSÃO: INVESTIGAR SE UM RIO DA CIDADE ESTÁ CONTAMINADO POR MEDICAMENTOS DESCARTADOS INCORRETAMENTE.

TAREFA: CALCULAR A QUANTIDADE DE PARACETAMOL PRESENTE NA ÁGUA E SEUS EFEITOS AMBIENTAIS.

Uma farmácia precisa realizar o descarte correto e seguro de medicamentos vencidos para evitar danos ambientais e riscos à saúde pública. Atualmente, a farmácia tem 50 frascos vencidos de um medicamento contendo ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$). O procedimento recomendado envolve reagir o ácido acetilsalicílico com bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), formando ácido carbônico (H_2CO_3), que rapidamente se decompõe em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O).

A equação química balanceada da reação é:



Cada frasco possui 250 mg de ácido acetilsalicílico. Para neutralizar corretamente o medicamento, a reação química exige exatamente 1 mol de bicarbonato de sódio para cada mol de ácido acetilsalicílico.

1. Questão Inicial:

Por que é importante realizar o descarte seguro e químico de medicamentos vencidos, especialmente substâncias como o ácido acetilsalicílico?

2. Questões de Desenvolvimento:

a) Identifique e confirme se a equação química apresentada acima está corretamente balanceada. Caso não esteja, faça seu balanceamento.

b) Calcule a massa molecular do ácido acetilsalicílico ($C_9H_8O_4$) e do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

c) Determine quantos mols de ácido acetilsalicílico existem em cada frasco de 250 mg.

d) Calcule quantos mols de bicarbonato de sódio serão necessários para descartar todos os 50 frascos.

e) Finalmente, determine qual é a massa total de bicarbonato de sódio necessária para realizar todo o procedimento de descarte.

3. Para ir além:

I) Que impactos ambientais podem surgir caso o descarte inadequado desses medicamentos ocorra?

II) Como conhecimentos de estequiometria podem contribuir para minimizar riscos ambientais em procedimentos de descarte químico?

III) Como você explicaria para alguém sem conhecimentos específicos em química a importância desse tipo de procedimento de descarte seguro?

Dados da origem:

Natureza da perícia: Levantamento de dados estequiométricos

Objeto: Dossiê de estudo de caso

Local do Exame:

Data e hora da perícia:

Identificação do Laudo: CNT - QUÍMICA - CASOS DE ENSINO LAUDO PERICIAL 03.201 / 2025 Caso N° 0004
--

Autoridade Requisitante: _____

Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados:

LAUDO DE AVALIAÇÃO DESCARTE SEGURO DE MEDICAMENTOS: PROTEGENDO O MEIO AMBIENTE

1. Questão Inicial:

2. Questões de Desenvolvimento:

3. Para ir além:

MAPA DE INVESTIGAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE FACILIDADES:



O que foi mais fácil de entender.



Quais cálculos tive facilidade de entender

IDENTIFICAÇÃO DE DIFICULDADES:



Quais as maiores dificuldades



O que não consegui entender



RESPOSTAS

As respostas apresentadas a seguir referem-se à resolução dos casos de ensino desenvolvidos durante a aplicação do produto educacional. É importante destacar que, por se tratar de uma abordagem investigativa, as respostas elaboradas pelos estudantes não seguem um modelo único e fechado. As interpretações podem variar conforme o raciocínio, a estratégia de resolução e o nível de aprofundamento de cada participante. Dessa forma, as respostas apresentadas aqui representam possibilidades de solução, coerentes com os fundamentos teóricos e práticos da Química, mas sujeitas a diferentes caminhos de pensamento e argumentação, valorizando a autonomia e a construção pessoal do conhecimento científico.

RESPOSTAS

Caso nº 1: A Medicação Certa: Questão de Vida ou Morte

- a) R: 200 mg/mL.
- b) R: 2,5 mL
- c) R: 10mL/dia
- d) R: 2 mL de solução com 100 mg/mL.

Caso nº 2: Emergência no Ambulatório: Preparando Soluções Corretamente

Questão Inicial: R: 50 g

- a) R: 5 g de soluto dissolvidos em 100 mL
- b) R: 50 g/1000 mL
- c) R: Usar EPI: luvas, jaleco, óculos de proteção. Pesar 50 g de bicarbonato de sódio em balança analítica. Transferir para um béquer limpo. Adicionar cerca de 700 mL de água destilada, agitar até dissolver completamente. Transferir para balão volumétrico de 1000 mL, completar o volume com água destilada até o traço de aferição.
- d) R: 12,5 g

Caso nº 3: Produzindo Hipoclorito: A Química na Linha de Frente Contra o Vírus

- a) R: Equação balanceada
- b) R: NaClO: 74,5 g/mol e NaOH: 40,0 g/mol
- c) R: 3,62 mol
- d) R: 289,6 g de NaOH

Caso nº 4: Descarte Seguro de Medicamentos: Protegendo o Meio Ambiente

- a) R: Já está balanceada
- b) R: $(C_9H_8O_4) = 180 \text{ g/mol}$ e $(NaHCO_3) = 84 \text{ g/mol}$
- c) R: 0,00139
- d) R: 0,0695 mol
- e) R: 5,84 g

RESPOSTAS

A seguir, é apresentada uma sugestão de um quadro de avaliação para os casos de ensino. O resultado será expresso na forma de um laudo pericial, ou seja, um documento técnico elaborado como se o estudante fosse o perito responsável por realizar os cálculos, justificar procedimentos e emitir pareceres sobre a administração correta do medicamento.

Laudo Pericial - Caso de Ensino 1

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química
Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo analisar, calcular e justificar a administração correta de uma dose intravenosa de paracetamol para uma paciente de 16 anos, conforme o caso apresentado. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
a. Identificação da Concentração	Interpretação de informações disponíveis	Apresenta corretamente a concentração da solução disponível (200 mg/mL).		
b. Cálculo da Dose	Resolução de cálculo com justificativa	Apresenta cálculos claros, identifica fórmula e encontra 2,5 mL.		
c. Cálculo da Dose Diária	Quantificação total e raciocínio proporcional	Multiplica corretamente as doses diárias e obtém 10 mL.		
d. Proposta de Diluição	Aplicação da equação de diluição e proposta técnica	Aplica fórmula $C1V1=C2V2$, descreve e justifica a diluição corretamente.		
I. Análise de Riscos	Consequências de erro pericial	Aponta efeitos clínicos de erros de cálculo, como toxicidade ou ineficácia.		
II. Fundamentação Técnico-Científica	Relação entre conceitos químicos e prática clínica	Justifica a importância de massa, volume e concentração no tratamento.		
III. Parecer Técnico Final	Avaliação crítica e ética profissional	Finaliza com um parecer claro sobre a importância da precisão e segurança.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia Excelência	9 a 10 pontos	Cálculos exatos, linguagem técnica clara, justificativas sólidas e parecer coerente.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Cumprir requisitos principais com pequenos erros ou omissões, com clareza e fundamentação.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Contém erros de cálculo ou falhas conceituais, com apresentação superficial.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros conceituais graves, ausência de justificativas ou estrutura desorganizada.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 2

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo demonstrar, por meio de justificativas técnico-científicas, os procedimentos e cálculos envolvidos na preparação de uma solução de bicarbonato de sódio a 5%, conforme prescrição médica em um cenário de urgência no posto de saúde. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	CrITÉrios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.1) Interpretação da Prescrição	Cálculo da massa necessária	Apresenta a relação 5% (m/v) e calcula corretamente 50 g para 1000 mL.		
a) Definição de Concentração	Conceituação química	Explica corretamente o significado de 5% (m/v) como 5 g/100 mL.		
b) Cálculo da Quantidade para 1 L	Cálculo de concentração em g	Apresenta a conta correta e justifica o raciocínio.		
c) Procedimento de Preparo	Descrição prática e segurança	Descreve os passos do preparo, incluindo equipamentos e EPIs.		
d) Adaptação da Quantidade	Regra de três e proporcionalidade	Calcula corretamente a massa para 250 mL (12,5 g).		
I) Consequências de Erros	Avaliação de riscos clínicos	Aponta riscos como alcalose ou ineficácia terapêutica.		
II) Prevenção de Erros	Reflexão técnico-científica	Relaciona os cálculos com segurança do paciente.		
III) Divulgação e Educação	Comunicação científica e conscientização	Explica de forma acessível a importância da precisão na área da saúde.		
Atividade Experimental	Apresentação da Introdução, resultados e discussão	Descreve com coerência o que foi realizado no laboratório experimentalmente apresentando resultados.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo claro, exato, com justificativas químicas e reflexões críticas relevantes.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas corretas na maior parte, com linguagem técnica suficiente.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Erros conceituais ou de cálculo, omissões importantes, explicações vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Falta domínio conceitual, justificativas ausentes ou estrutura desorganizada.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 3

Autoridade Requisitante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química

Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo avaliar os conhecimentos aplicados no contexto da produção de hipoclorito de sódio em uma indústria química durante a pandemia da COVID-19. As respostas devem demonstrar domínio dos conceitos químicos, particularmente de estequiometria. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.I) Importância dos Cálculos	Justificativa conceitual e contextual	Explica corretamente a importância para segurança, eficiência e saúde pública.		
a) Reação Química Balanceada	Representação e balanceamento	Apresenta reação corretamente balanceada, representando fórmulas.		
b) Massa Molecular	Cálculo correto das massas molares	Apresenta fórmulas, valores e unidades corretos.		
c) Quantidade de mols	Cálculo estequiométrico	Calcula corretamente mols de NaClO.		
d) Cálculo de reagente	Proporção molar e massa	Relaciona corretamente: 2 mols de NaOH por mol de Cl ₂ e NaClO; calcula ~144,8 g de NaOH.		
I) Impacto de Erros	Avaliação crítica	Aponta riscos econômicos, desperdícios, riscos ambientais e à saúde.		
II) Papel da Estequiometria	Aplicação prática do conhecimento	Relaciona estequiometria com controle, qualidade e segurança industrial.		
III) Comunicação Científica	Clareza e acessibilidade	Explica para leigos com exemplos do cotidiano a importância do tema.		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo completo, exato, com justificativas técnicas e reflexões bem articuladas.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas tecnicamente corretas, com uso de linguagem apropriada.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Respostas incompletas ou com erros conceituais e justificativas vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros graves, ausência de justificativas ou desorganização do conteúdo.

RESPOSTAS

Laudo Pericial - Caso de Ensino 4

Autoridade Requiritante: _____ Destino do laudo: Área de CNT - Química
Peritos designados: _____

Este laudo pericial tem como objetivo avaliar a compreensão dos alunos sobre os conceitos de reações químicas, estequiometria, impactos ambientais e comunicação científica a partir da resolução de um caso real e contextualizado. O documento será avaliado com base em critérios técnicos e científicos descritos no quadro abaixo.

Item Avaliado	Aspecto Técnico do Laudo	Critérios de Avaliação	Pontuação Avaliada	Pontuação Obtida
Q.I) Justificativa inicial	Importância do descarte seguro de ácido acetilsalicílico vencido	Argumenta com clareza os riscos ambientais e à saúde pública		
a) Balanceamento da equação	Verificação e correção da equação química	Equação corretamente identificada e balanceada		
b) Cálculo da massa molar	Determinação da massa molecular de $C_9H_8O_4$ e $NaHCO_3$	Cálculos corretos e bem apresentados		
c) Cálculo dos mols por frasco	Conversão de massa (mg) para mols	Resultado correto com unidades coerentes		
d) Cálculo dos mols totais	Determinação do total de mols para 50 frascos	Resultado matematicamente correto e justificado		
e) Cálculo da massa total de bicarbonato	Determinação da massa necessária para neutralização	Valor coerente com os dados anteriores		
I) Impactos ambientais	Discussão dos efeitos do descarte inadequado	Cita pelo menos dois impactos ambientais reais		
II) Importância da estequiometria	Aplicação dos conhecimentos químicos ao contexto do descarte	Relação clara entre teoria e prática profissional		
Comunicação científica	Explicação acessível para leigos	Utiliza linguagem clara e objetiva		

Parecer Técnico Final - Rubrica de Avaliação do Laudo Pericial

Nível de Desempenho	Pontuação Total	Descrição do Laudo
Perícia de Excelência	9 a 10 pontos	Laudo completo, exato, com justificativas técnicas e reflexões bem articuladas.
Perícia Adequada	7 a 8,9 pontos	Respostas tecnicamente corretas, com uso de linguagem apropriada.
Perícia Parcial	5 a 6,9 pontos	Respostas incompletas ou com erros conceituais e justificativas vagas.
Perícia Inadequada	Abaixo de 5 pontos	Erros graves, ausência de justificativas ou desorganização do conteúdo.

MISSÃO 7 – ESCAPE ROOM: O LABORATÓRIO PERDIDO DA ESTEQUIOMETRIA

O Escape Room Estequiométrico consiste em uma atividade investigativa final, organizada a partir de desafios encadeados que demandam a mobilização integrada dos conhecimentos construídos ao longo da sequência didática. Nesta missão, os estudantes são convidados a resolver situações-problema sucessivas, utilizando conceitos de estequiometria, raciocínio matemático e argumentação científica, como forma de síntese do percurso investigativo desenvolvido.

Objetivo: Integrar e consolidar os conhecimentos de estequiometria por meio da resolução colaborativa de desafios investigativos, mobilizando raciocínio lógico, tomada de decisão e argumentação científica.

Tempo estimado: 2 períodos de 50 minutos.

Organização da turma: Atividade desenvolvida em grupos.

Materiais necessários: Envelopes ou caixas contendo os desafios do Escape Room, fichas de registro, colmeia estequiométrica, calculadora, tabela periódica e materiais de apoio definidos pelo professor.

Desenvolvimento da atividade: Organizar os grupos e apresentar a dinâmica do Escape Room. Orientar a resolução sequencial dos desafios, solicitando a leitura cuidadosa dos enunciados, a identificação das grandezas envolvidas e a realização dos cálculos necessários. Estimular a cooperação entre os integrantes e o uso dos recursos construídos nas missões anteriores. Finalizar com a socialização das soluções e das estratégias adotadas.

Avaliação: Realizar a avaliação de forma processual, considerando a participação dos grupos, a coerência das soluções apresentadas e a capacidade de integrar os conceitos mobilizados ao longo da sequência didática.

Orientações ao(à) professor(a): Ajustar o nível de complexidade dos desafios e o tempo de execução conforme o perfil da turma e os objetivos pedagógicos. O Escape Room pode ser adaptado para diferentes contextos, mantendo o foco na resolução colaborativa e na integração dos conceitos trabalhados.

A Missão 7 encerra o percurso investigativo da Missão Estequiometria por meio de um Escape Room temático, no qual os estudantes aplicam os conhecimentos construídos nas etapas anteriores para resolver enigmas e “escapar” de um laboratório em situação de risco. Fundamentada na aprendizagem baseada em jogos, a atividade visa promover a revisão integrada dos conceitos de estequiometria, estimulando o raciocínio lógico, o trabalho em equipe e a tomada de decisão. Conforme Kapp (2012), a gamificação no contexto educacional favorece o engajamento e a motivação, contribuindo para a consolidação dos conhecimentos em um ambiente colaborativo e dinâmico. A missão é composta por slides explicativos e fichas com desafios e pistas, elaboradas para mobilizar habilidades como interpretação de dados, resolução de problemas e aplicação de cálculos estequiométricos. Os materiais podem ser adaptados conforme o número de grupos e o tempo disponível, cabendo ao professor o papel de mediador da narrativa e das interações, garantindo o equilíbrio entre desafio e cooperação.



- ✓ Incluir cartas de pista ou desafios bônus, que podem ser resgatadas com bom desempenho nas missões anteriores.
- ✓ Oferecer certificado de “Agente Estequiométrico” ou medalhas simbólicas ao final da missão.



ESCAPE ROOM

O Laboratório Perdido da Estequiometria



CONTEXTO:



Um renomado cientista descobriu a cura para uma nova doença, mas seu laboratório foi trancado antes que ele pudesse divulgar a fórmula. Os alunos da turma foram chamados para ajudar o cientista que desapareceu misteriosamente. Para encontrá-lo e sair do laboratório, precisam resolver desafios estequiométricos que liberam pistas e códigos.

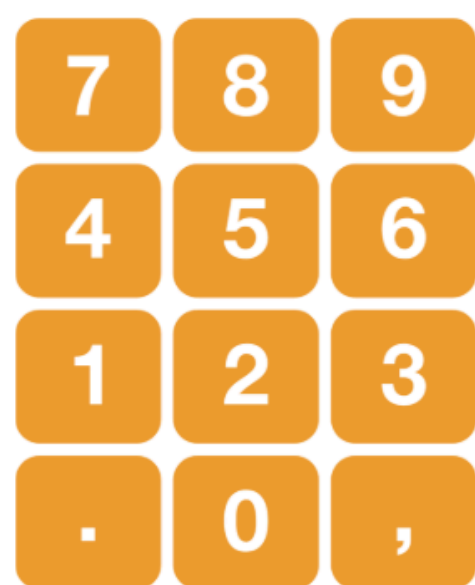
OBJETIVO:

Resolver problemas de estequiometria aplicados à saúde e à produção de medicamentos para obter códigos e abrir os cadeados.

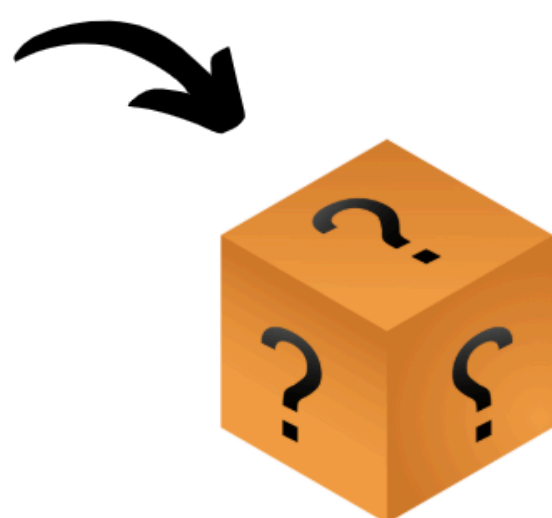


DESAFIO FINAL

Após resolver todas as fases, cada código coletado ao longo do jogo representa uma peça de um Tangram. Esse Tangram é a chave para revelar a estrutura do antídoto.



Cada fase resolvida libera uma peça do Tangram.



Montar corretamente o Tangram, formando uma molécula que representa o antídoto.



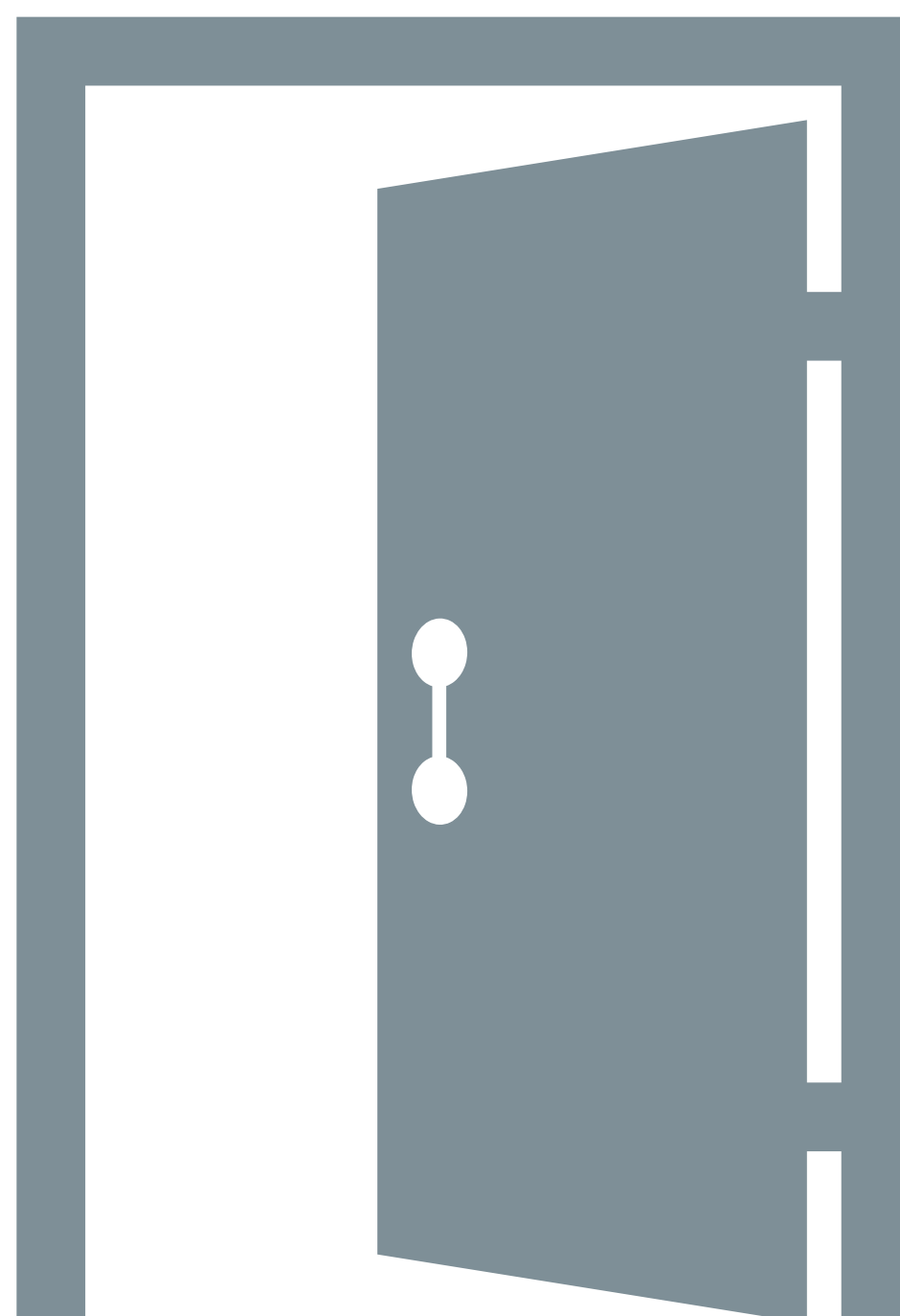
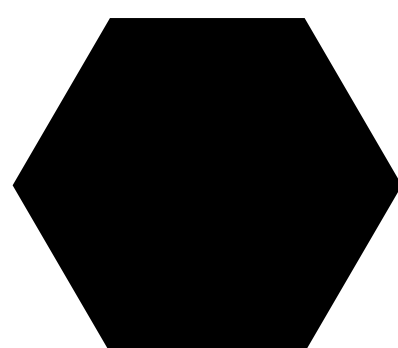
O formato do Tangram será um hexágono, representando a estrutura de um composto medicinal (um anel benzênico)



ESCAPE CODE



Parabéns, jovens cientistas! Vocês provaram que dominam a estequiometria. O laboratório está salvo e pronto para novas descobertas!

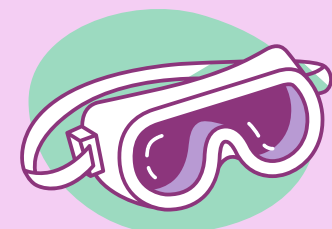
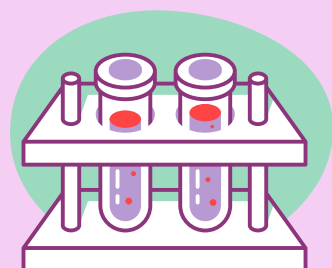
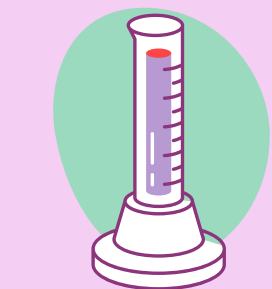


As fichas a seguir compõem o jogo de Escape Room, “O Laboratório Perdido da Estequiometria”, em que os alunos deverão colocar em prática seus conhecimentos para decifrar códigos e avançar na missão.

Na primeira ficha, o grupo recebe uma questão relacionada aos conceitos de estequiometria. Ao responder corretamente e descobrir o código secreto, os alunos conseguem abrir o cadeado virtual, previamente configurado pelo professor no site Lockee (<https://www.lockee.fr>). A resolução correta libera o acesso à próxima etapa do jogo.

Em seguida, a segunda ficha da mesma fase concede ao grupo o direito de retirar uma caixa com uma peça do Tangram, que será utilizada para montar o hexágono final. Cada grupo recebe uma peça, e somente ao completar o hexágono os estudantes conseguirão descobrir o antídoto (benzeno) que neutraliza a substância perigosa e, assim, escapar do laboratório.

Essa dinâmica gamificada estimula o raciocínio lógico, a cooperação e a aplicação dos conceitos químicos de forma lúdica e desafiadora, transformando a revisão dos conteúdos em uma experiência de investigação e descoberta.




Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____

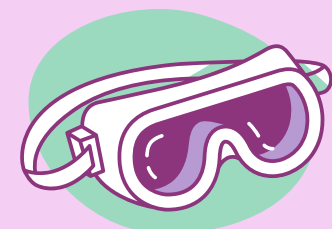
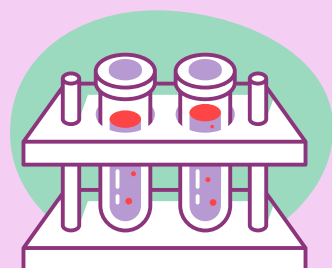
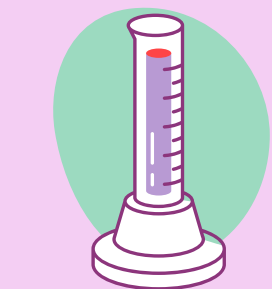
Fase 1: O Elemento Perdido

 Desafio: Durante os experimentos, o cientista estava analisando um composto desconhecido utilizado na fabricação de medicamentos. Ele registrou que a substância é formada apenas por carbono, hidrogênio e oxigênio e que 1 mol da substância pesa 46 g. Após determinar a fórmula empírica do composto e usar os números dos átomos de cada elemento como código, resolva a questão que está na caixa para encontrar o último código.

Anotações:

Código: (3 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

Fase 1: O Elemento Perdido

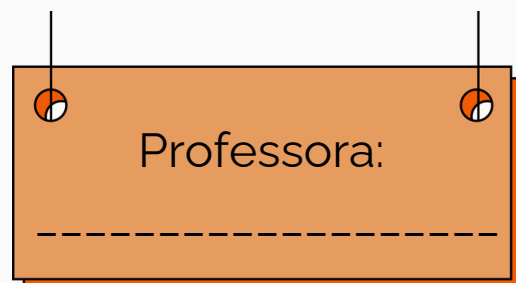
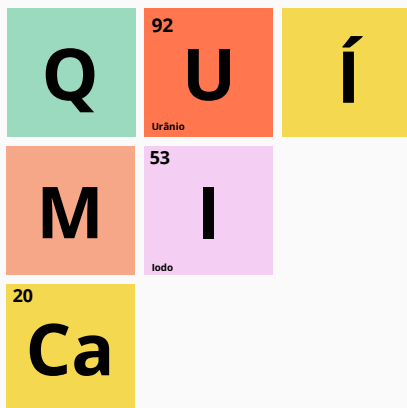
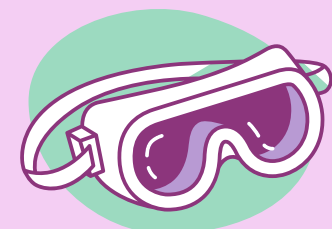
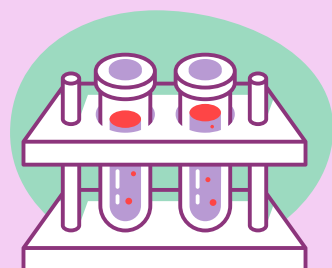
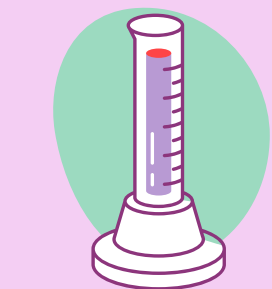
 **Desafio:** Um soro experimental requer uma concentração de $0,15 \text{ mol/L}$. No laboratório tem apenas 30g do composto ativo (glicose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Qual o volume em mL de soro que pode ser preparado com essa quantidade?

 **Tarefa:** Realizar regra de três e encontrar o volume contido em 30g.

Anotações:


Código: (3 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------



Cientistas: _____

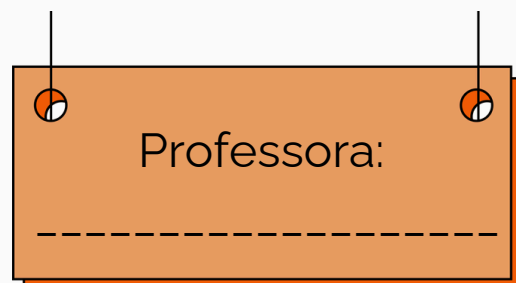
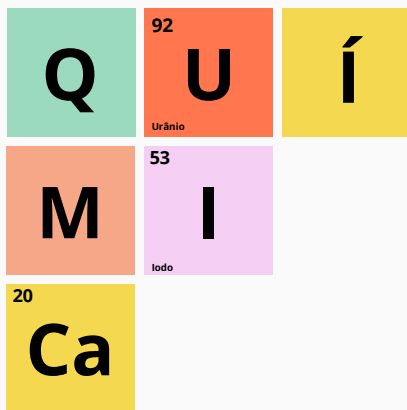
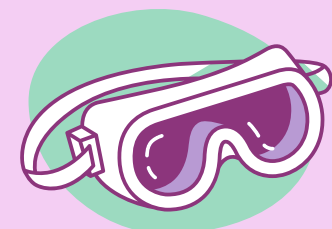
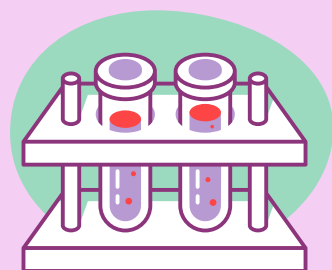
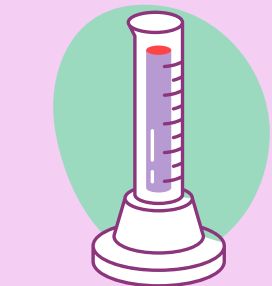
Fase 2: A reação misteriosa

 Desafio: A reação de combustão do propano (C_3H_8) produz dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Se 144g de propano reagem completamente, qual a massa de CO_2 produzida? Monte a reação química descrita balanceada para resolver a questão e encontrar o código que levará à próxima questão que está na caixa.

Anotações:


Código: (3 dígitos)


<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------



Cientistas: _____

Fase 2: A reação misteriosa

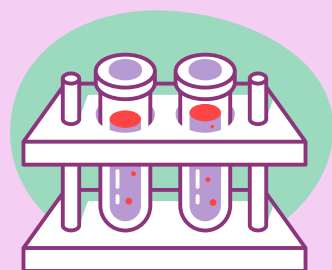
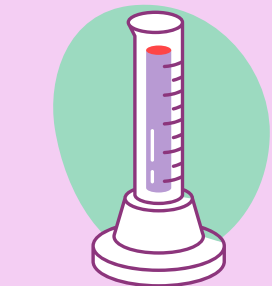
 Desafio: Uma carta revela a equação química incompleta: $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow ? \text{MgO}$.

 Tarefa: Balancear a equação e calcular a massa de óxido de magnésio (MgO) produzida a partir de 216g de magnésio (Mg).

Anotações:

Código: (3 dígitos)

--	--	--



Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____

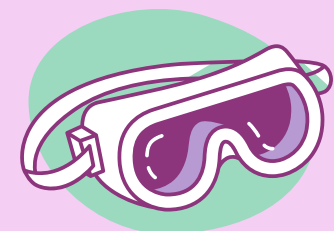
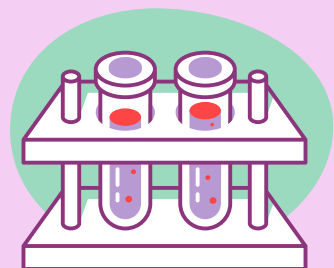
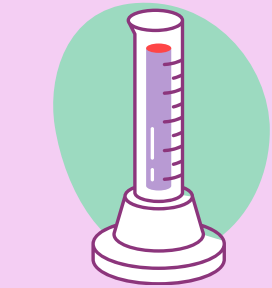
Fase 3: A dose correta

📄 Desafio: Um paciente necessita de uma dose de 10g de um composto com fórmula molecular $C_{12}H_{22}O_{11}$ (sacarose). A solução disponível tem uma concentração de 0,1mol/L. Qual o volume da solução, em mL, necessário para administrar a dose correta? Após encontrar a resposta correta siga para a próxima etapa e busque descobrir o código que está na caixa.

Anotações:

Código: (5 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------



Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

Fase 3: A dose correta

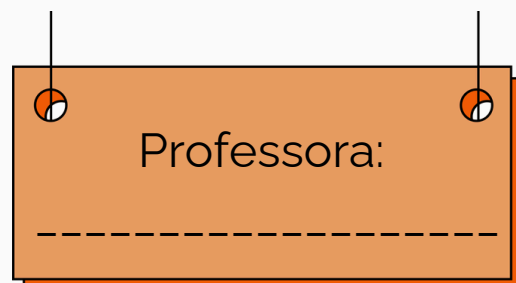
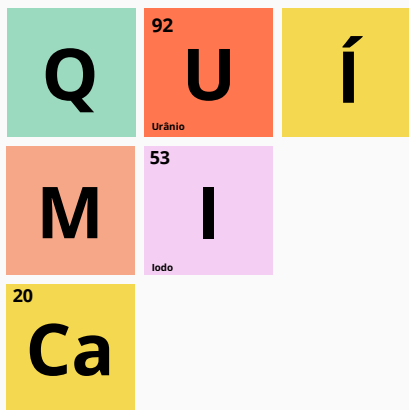
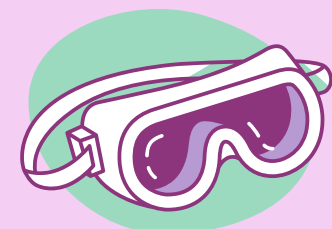
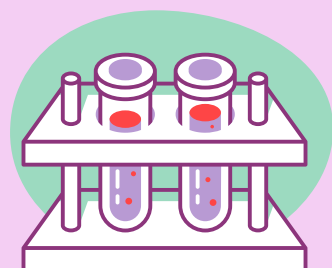
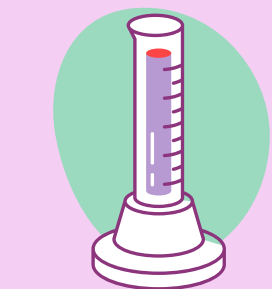
Desafio: Um paciente precisa de 250 mg de paracetamol ($C_8H_9NO_2$) por dose. Quantos mols de paracetamol estão nessa dose?

Tarefa: Usar a massa molar do paracetamol para calcular a quantidade de mols.

Anotações:


Código: (5 dígitos)

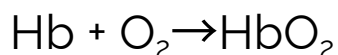
--	--	--	--	--



Cientistas: _____

Fase 4: O oxigênio no sangue

 Desafio: A hemoglobina no sangue transporta oxigênio através da reação:

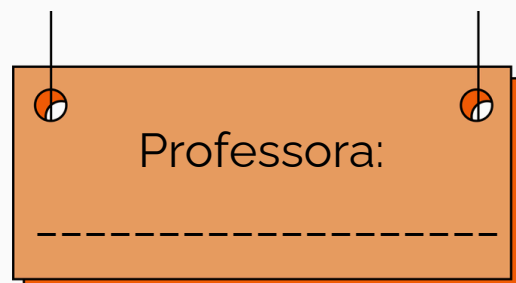
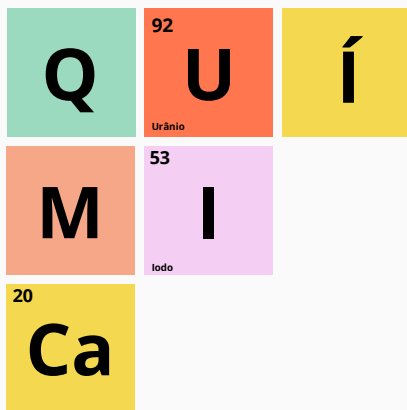
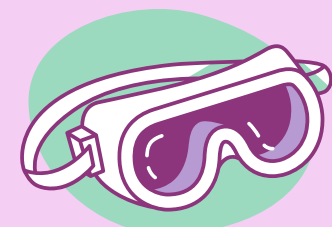
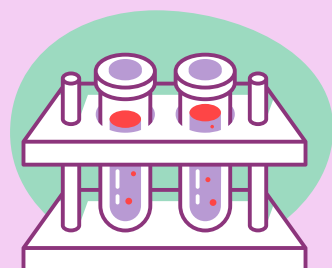
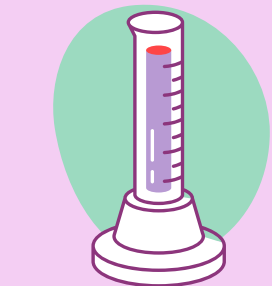


Sabemos que 5,0 g de hemoglobina (Hb) pode reagir com oxigênio. A massa molar da hemoglobina é aproximadamente 64.500 g/mol. Determine quantos mL de O_2 (CNTP) são consumidos. Após realizar o cálculo correto, retire a caixa com a questão que o levará ao código final.

Anotações:


Código: (4 dígitos)

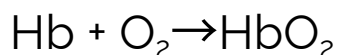
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------



Cientistas: _____


Fase 4: O oxigênio no sangue

 **Desafio:** A hemoglobina, uma proteína presente no sangue, transporta oxigênio para todo o corpo. Esse processo ocorre por meio da seguinte reação química:



Em um experimento, um frasco selado contém 432 g de gás oxigênio armazenado para estudo da oxigenação do sangue. O cientista deixou uma pista antes de desaparecer:

"A quantidade de oxigênio presente pode ligar-se a hemoglobina, formando um composto essencial para a vida. Mas para saber sua importância, primeiro descubra quantas moléculas desse gás estão disponíveis."

 **Tarefa:** Determinar quantas moléculas de O_2 existem no frasco e utilizar os quatro primeiros algarismos do resultado como código.

Anotações:

Código: (4 dígitos)


--	--	--	--



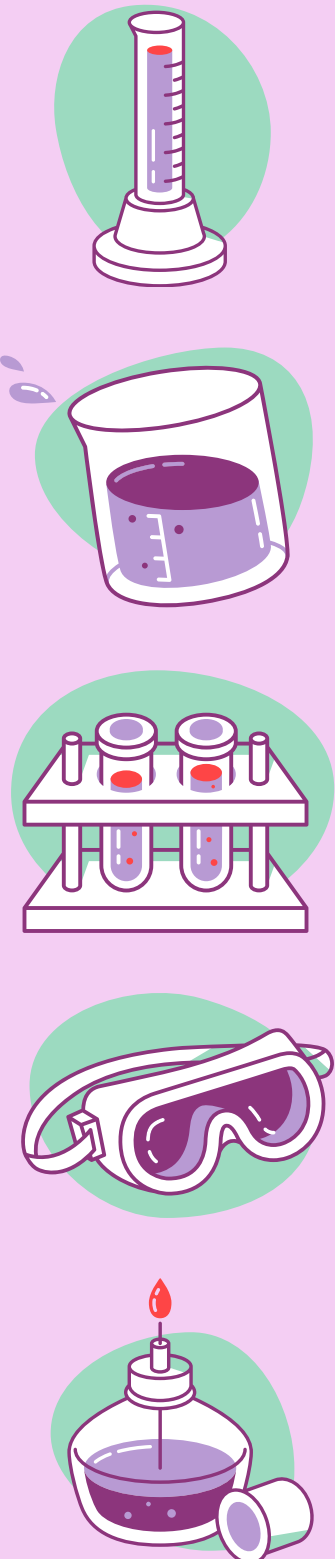
Professora: _____

Cientistas: _____

Fase 5: O gás misterioso

 Desafio: Um gás desconhecido é liberado em um experimento. Identifique o gás com base em sua densidade (1,25 g/L nas CNTP). Após descobrir o gás e sua massa, retire a questão da caixa para chegar ao código final.

Anotações:



Código: (2 dígitos)





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora: _____

Cientistas: _____

Fase 5: O gás misterioso

 **Desafio:** Em um cenário de emergência médica, um paciente precisa ser anestesiado. Um gás desconhecido é encontrado em um cilindro rotulado como "Anestésico X". Uma análise laboratorial rápida determina que a densidade do gás é de 3,17 g/L nas CNTP.

 **Tarefa:** Calcular a massa molar do gás para identificar o anestésico e determinar qual é o mais seguro para uso. As opções de anestésicos são:

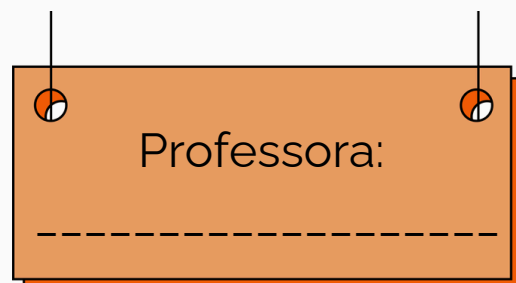
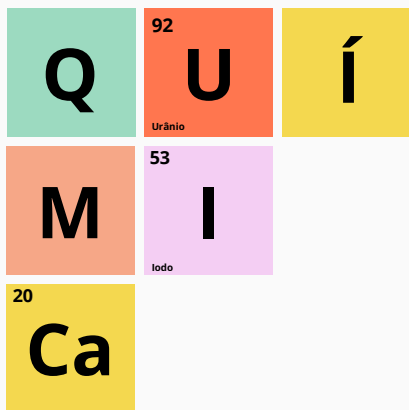
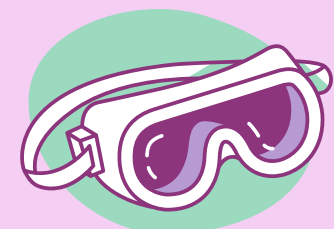
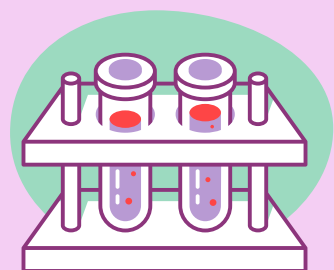
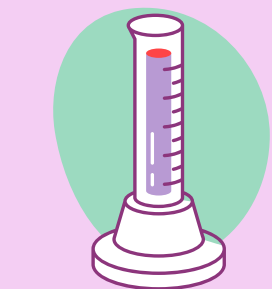
- Óxido nitroso (N_2O)
- Halotano ($C_2HBrClF_3$)
- Éter dietílico ($C_4H_{10}O$)
- Isoflurano ($C_3H_2ClF_5O$)

Utilize a massa molar do anestésico como código.

Anotações:

Código: (2 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------



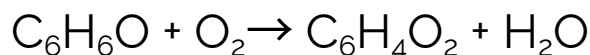
Cientistas: _____

Fase 6: A solução certa

Desafio:

No laboratório, o cientista estudava a produção de um antibiótico essencial para o tratamento de infecções. Durante o processo, ocorre a oxidação de um composto orgânico de fórmula C_6H_6O , que reage com oxigênio para formar $C_6H_4O_2$ e água.

A equação balanceada é:



Antes de desaparecer, o cientista deixou uma pista em seu diário de anotações:

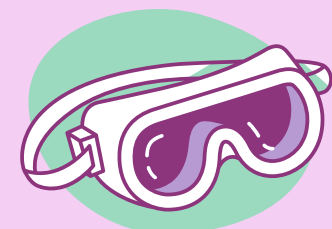
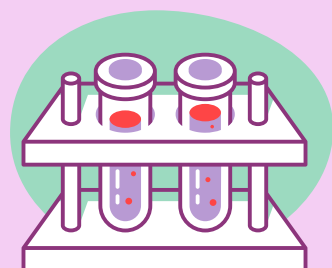
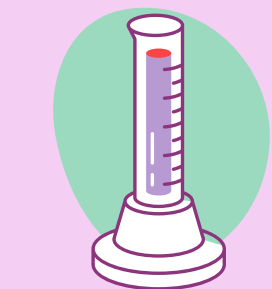
"Descubra quantos litros de oxigênio são necessários para reagir completamente com 31 g do reagente principal."

Utilize quatro dígitos da resposta como código e retire a questão da caixa para chegar ao código final.

Anotações:

Código: (4 dígitos)

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------




Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:


Cientistas: _____

Fase 6: A solução certa

 Desafio: O cientista deixou um frasco contendo carbonato de cálcio (CaCO_3). Ele aqueceu o composto até a decomposição completa:



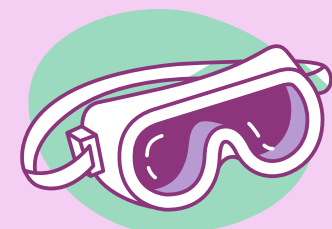
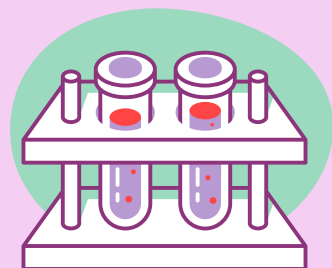
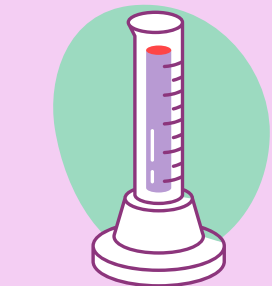
Sabemos que 35 g de CaCO_3 foram aquecidos. Determinar quantos mL de CO_2 (CNTP) foram liberados.

 Tarefa: Usar estequiometria para determinar o volume de gás produzido.

Anotações:

Código: (4 dígitos)

--	--	--	--



Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professor(a):

Cientistas: _____

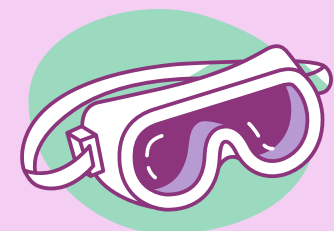
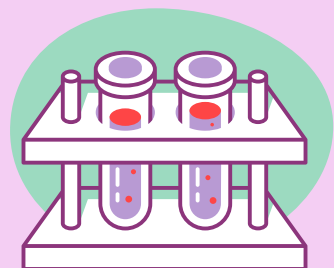
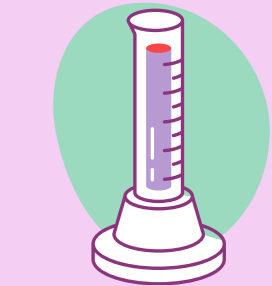
Fase 7: O remédio secreto

📖 Desafio: Uma reação química produz um composto com propriedades antivirais. A equação da reação é: $C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. Se 1230g de etano (C_2H_6) forem utilizados, quantos kilogramas de água (H_2O) serão produzidos?

Anotações:

Código: (6 dígitos)

					59
--	--	--	--	--	----





Q	92 U Urânio	Í
M	53 I Iodo	
20 Ca		

Professora:

Cientistas: _____

Fase 7: O remédio secreto

 Desafio: A reação entre hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4) produz sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e água (H_2O). Se 839g de $\text{Al}(\text{OH})_3$ reagem, qual o volume de água formada em mL?

 Tarefa: Montar a equação da reação balanceada e realizar o cálculo do volume em mL.

Anotações:

Código: (6 dígitos)

						60
--	--	--	--	--	--	----

RESPOSTAS:

Fase 1:

R: 640

R: 261

Fase 2:

R: 432

R: 432

Fase 3:

R: 29239

R: 00016

Fase 4:

R: 1724

R: 8127

Fase 5:

R: 28

R: 74

Fase 6:

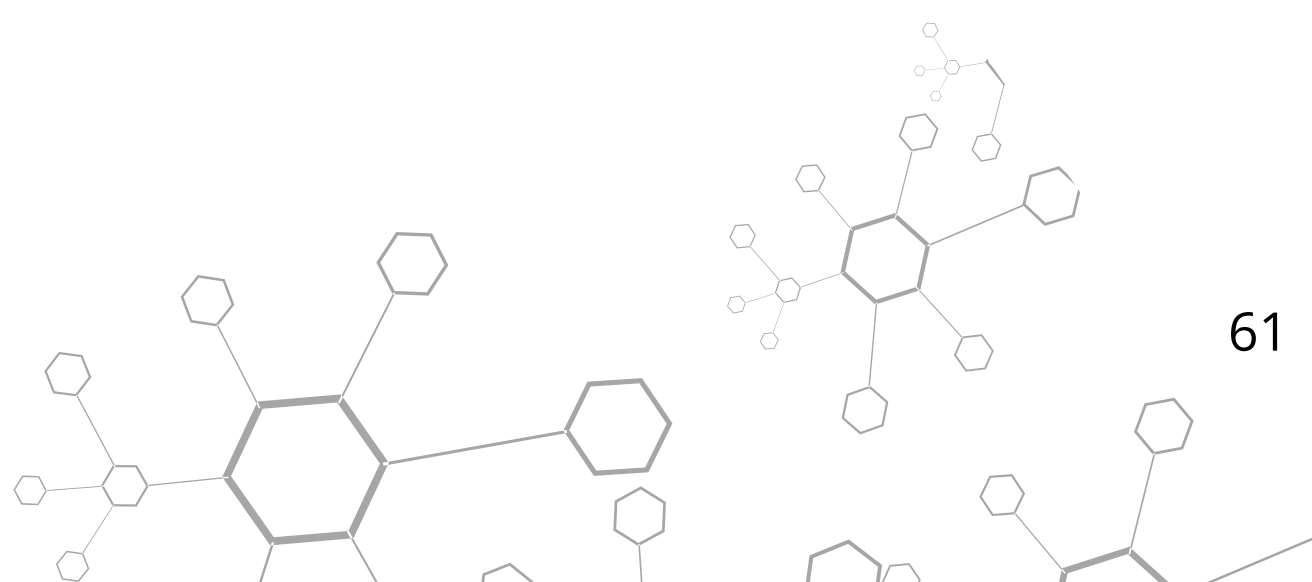
R: 7387

R: 7840

Fase 7:

R: 2214

R: 722830





MENSAGEM FINAL

Este Produto Educacional apresenta uma proposta didática voltada à organização do ensino de estequiometria como um percurso investigativo estruturado em missões, no qual os estudantes são convidados a analisar situações-problema, formular hipóteses, revisar ideias e construir conhecimentos de forma colaborativa. Ao longo das missões, o aprender é compreendido como um movimento contínuo de investigação, reflexão e reconstrução conceitual.

A *Missão Estequiometria* foi concebida como um material de apoio à prática docente, com caráter flexível e adaptável. As missões podem ser reorganizadas, ampliadas ou ajustadas conforme o contexto escolar, o perfil da turma e os objetivos pedagógicos definidos pelo(a) professor(a), preservando-se os princípios da aprendizagem ativa e investigativa.

Espera-se que este Produto Educacional contribua como subsídio à prática pedagógica em Química, favorecendo a construção de experiências de ensino que articulem ciência, contexto e colaboração. A proposta permanece aberta a adaptações e ressignificações, reconhecendo que o processo educativo se fortalece por meio do diálogo, da troca de experiências e da construção coletiva do conhecimento.

BIBLIOGRAFIA

- ARONSON, Elliot. *The Jigsaw Classroom*. 2. ed. New York: Longman, 1978.
- ARONSON, Elliot; PATNOE, Shelley. *Cooperation in the Classroom: The Jigsaw Method*. 3. ed. New York: Pinter & Martin, 2011.
- AUSUBEL, David Paul. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- KAPP, Karl. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.
- NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. *Learning How to Learn*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- PIAGET, Jean. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- PIAGET, Jean. *Seis estudos de Psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1978.
- SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica*. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.
- VYGOTSKY, Lev S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- WARTHA, Edna; SILVA, Eril; BEJARANO, Nelson. *Casos de ensino e formação de professores*. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 6, n. 3, p. 45–62, 2013.
- ZÔMPERO, Adriana; LABURU, Carlos. *Metodologias investigativas no ensino de Ciências*. Curitiba: Appris, 2011.