



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS**

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE CÁLCULOS
ESTEQUIOMÉTRICOS EM QUÍMICA:
PROBLEMAS E PERSPECTIVAS**

André Borges Barbosa

Brasília-DF
2024



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS**

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE CÁLCULOS
ESTEQUIOMÉTRICOS EM QUÍMICA:
PROBLEMAS E PERSPECTIVAS**

ANDRÉ BORGES BARBOSA

Dissertação sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva e apresentada à banca examinadora como requisito à obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília-DF

Janeiro
2024

ANDRÉ BORGES BARBOSA

**ENSINO-APRENDIZAGEM DE CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS EM
QUÍMICA: PROBLEMAS E PERSPECTIVAS**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências, pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva

Brasília, 22 de janeiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Patrícia Fernandes Lootens Machado
Universidade de Brasília - UnB
(Membro titular)

Prof^a. Dra. Mayara Soares de Melo
Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB
(Membro titular)

Prof^a. Dra. Nara Alinne Nobre da Silva
Instituto Federal Goiano - Campus Iporá
(Suplente)

À minha esposa, Línive e à nossa
filha, Júlia, pelo amor, carinho e
união.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus: Senhor da minha vida, minha rocha e minha fortaleza;

À Línive: compartilhar a vida com você é um privilégio e uma dádiva de Deus;

À Júlia: amor incomensurável, fonte de inspiração, fé em um futuro melhor;

Ao Bob: mais que um orientador. O mestre que ensina não só com suas palavras, mas com seu exemplo de vida;

À Maria Divina: valores preciosos plantados no meu coração desde sempre;

À Francielle e ao Thiago: amores fraternos;

Ao Van Dyck: amigo presente nas horas improváveis;

Ao Carlos e à Sônia: pelo incentivo, sempre;

Ao grupo *Café com o Bob*: Débora, Elaine, Mayara, Nara, Patrícia e Rafael. Obrigado pelos aprendizados nos momentos de estudo e pelas trocas de experiências;

Aos professores do ensino médio que, de forma generosa, participaram das entrevistas, auxiliando no desenvolvimento dessa dissertação.

QUIMICAMENTE FALANDO

Aprendi que nem sempre
Os versos milimetricamente rimados
Dizem o que realmente
A verdadeira dor
Gostaria de expressar.
O bárbaro de barba,
Medonho e sério
Chora como criança.
Muitas vezes age como criança.
Este homem grande e gordo
Diminui com a tristeza
E engrandece com o amor.
O amor,
Substantivo simples,
Complicado também.
Abstrato e concreto, mas confuso
Representa a pessoa amada.
De repente tudo desaba,
Feito uma dolina.
Pois, o amor, substância anfótera
Causa reação de dar, doer.
E de receber, alento.
No amor, química complexa
Os elétrons não são tão ágeis.
A energia é pouca
Se acaba com poucas colisões.
O amor,
Onde nem tudo se cria,
Ou se transforma,
Mas, se perde.

(André Borges Barbosa)

RESUMO

Há muito se discute, na disciplina Química, o conteúdo Cálculos Estequiométricos. As dificuldades apresentadas pelos alunos e, porque não, pelos professores, relacionadas a esse conteúdo são inúmeras. Nesta dissertação abordamos algumas dessas dificuldades, por serem bastante relevantes no processo de ensino - aprendizagem de Cálculos Estequiométricos. O objetivo principal foi identificar possíveis variáveis associadas à aprendizagem dos estudantes em relação a esse conteúdo. Para tanto, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com dez professores de Química, de escolas públicas e particulares do Distrito Federal. Os dados levantados, que emergiram a partir desse procedimento, foram analisados utilizando-se uma abordagem com base na Teoria Fundamentada de Dados. Além disso, também foram analisadas seis obras (livros). Uma de cada coleção sugeridas para o Novo Ensino Médio. Devido à complexidade desse processo de ensino aprendizagem, os resultados encontrados mostram que não há como dissociar a dificuldade apresentada pelos alunos, no que se refere ao ensino de Cálculos estequiométricos, sem que aspectos relacionados aos professores, aos livros didáticos, à metodologia de ensino deste conteúdo em si, e até mesmo aos próprios alunos, não forem levadas em consideração. Dessa forma, a princípio, possíveis soluções para a melhoria do ensino - aprendizagem de Cálculos Estequiométricos devem levar em conta, simultaneamente, a presença desses aspectos.

Palavras-chaves: estequiometria, ensino-aprendizagem, contextualização, análise dimensional.

ABSTRACT

The content of Stoichiometric Calculations has long been discussed in the Chemistry discipline. The difficulties presented by students and, why not, by teachers, related to this content are countless. In this dissertation we address some of these difficulties, as they are very relevant in the teaching – learning process of Stoichiometric Calculations. The main objectives were to identify possible variables associated with student learning in relation to this content. To this end, semi-structured interviews were carried out with ten chemistry teachers from public and private schools in the Distrito Federal. The data collected, which emerged from this procedure, were analyzed using an approach based on Grounded Data Theory. In addition, six collections (books) were also analyzed. One from each collection suggested for New High School. Due to the complexity of this teaching - learning process, the results found show that is no way to dissociate the difficulty presented by students, with regard to teaching Stoichiometric Calculations, without aspects related to teachers, textbooks, to the teaching methodology of this content itself, and even the students themselves, are not taken into consideration. Therefore, in principle, possible solutions for improving the teaching and learning of Stoichiometric Calculations must simultaneously take into account the presence of these aspects.

Keywords: stoichiometry, teaching-learning, contextualization, dimensional analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Abordagem conceitual de Johnstone	22
Figura 2	Tetraedro de Mahaffy	23
Figura 3	Arco de Maguerez	26
Figura 4	Conceituando ligações químicas	67
Figura 5	Exemplos de reações de decomposição	68
Figura 6	Relações entre grandezas	69
Figura 7	Etapas da Teoria Fundamentada de Dados	73
Figura 8	Matriz Curricular da Formação Geral Básica do Novo Ensino Médio do Distrito Federal	88
Figura 9	Levantamento de variáveis que inferem o ensino – aprendizagem de cálculo estequiométrico	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Denominações empregadas por autores para os conceitos envolvidos em uma analogia	34
Quadro 2	Nomenclatura de ácidos	49
Quadro 3	Levantamento de códigos provisórios relacionados às falas dos professores de Química do ensino médio	73
Quadro 4	Códigos provisórios e conceituais relacionados à ausência de contextualização e problematização nos livros didáticos e nas aulas dos professores	83
Quadro 5	Códigos provisórios e conceituais relacionados ao uso de metáforas e analogias	84
Quadro 6	Códigos provisórios e conceituais relacionados ao desenvolvimento do raciocínio proporcional	84
Quadro 7	Códigos provisórios e conceituais relacionados ao uso de álgebra de grandezas e análise dimensional	85
Quadro 8	Relação dos professores entrevistados que cursaram Cálculos Básicos da Química (CBQ) e os aplicam em sala de aula	85
Quadro 9	Códigos provisórios e conceituais relacionados aos aspectos emocionais de alguns alunos	86
Quadro 10	Códigos provisórios e conceituais relacionados ao esforço do professor	86
Quadro 11	A abordagem da problematização e da contextualização no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	87
Quadro 12	O uso do livro didático - perguntas de reflexão	94
Quadro 13	O ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	96
Quadro 14	A utilização da metáfora e da analogia nas aulas e nos livros didáticos - perguntas de reflexão	102
Quadro 15	A mecanização no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	105
Quadro 16	As dificuldades no aprendizado de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	108
Quadro 17	O relacionamento entre professores e alunos - perguntas de reflexão	114
Quadro 18	As diferenças no ensino de cálculo estequiométrico envolvendo o raciocínio proporcional - perguntas de reflexão	116
Quadro 19	O empenho de alguns alunos no processo ensino - aprendizagem de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	120
Quadro 20	O uso de álgebras de grandezas e de análise dimensional no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	121
Quadro 21	A percepção dos professores sobre a fragilidade emocional, pós-pandemia, de alguns alunos - perguntas de reflexão	125
Quadro 22	A tentativa do professor em melhorar o ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados da Coleção Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna	44
Tabela 2	Dados da Coleção Multiversos - CN: matéria, energia e vida - Editora FTD	46
Tabela 3	Dados da Coleção Moderna Plus – CNT: matéria e energia - Editora Moderna	52
Tabela 4	Dados da Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar – CNT - Editora Scipione	55
Tabela 5	Dados da Coleção Conexões - CNT: matéria e energia - Editora Moderna	58
Tabela 6	Dados da coleção Diálogo - CNT - Terra: um sistema dinâmico de matéria e de energia - Editora Moderna	61
Tabela 7	Dados da Coleção Ser Protagonista - CNT: matéria e transformação - Editora SM	65

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.1	Cotidiano, contextualização e problematização	17
1.2	O uso de analogias e metáforas	26
1.3	O raciocínio proporcional	29
1.4	A álgebra de grandezas e a análise dimensional	31
2	METODOLOGIA	34
2.1	Procedimento de coleta de dados	35
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
3.1	Livros didáticos analisados	37
3.1.1	Coleção Ciências da Natureza - Editora Moderna	38
3.1.2	Coleção Ciências da Natureza - Editora FTD	41
3.1.3	Coleção Moderna Plus - Editora Moderna	46
3.1.4	Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar Editora Scipione	48
3.1.5	Coleção Conexões - Editora Moderna	51
3.1.6	Coleção Diálogo - Editora Moderna	54
3.2	Procedimento de análise utilizando a Teoria Fundamentada de Dados	58
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
	APÊNDICE A	125
	APÊNDICE B	126

INTRODUÇÃO

Acredita-se que no século XVII, surgiu uma nova ciência, a Química, quando Robert Boyle (1627-1691), cientista irlandês, propôs alguns princípios básicos ao executar experimentos planejados, estabelecendo a partir daí generalizações. Mas apesar disso, muitos consideram o francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), o principal pioneiro para o surgimento da Química, especialmente pelo seu trabalho sobre o conceito de conservação das massas, sendo isso visto como um marco inicial da Química moderna. Ao construir seus próprios equipamentos de precisão, Lavoisier fazia a medição das massas dos materiais que utilizava em seus experimentos. Isso o levou ao desenvolvimento, por exemplo, da balança (Moreira, 2005).

Notadamente, Marie-Anne Pierrette Paulze Lavoisier (1758-1836), esposa de Lavoisier, que além de ter sido uma excelente ilustradora, foi uma colaboradora essencial, traduzindo trabalhos do marido para outros idiomas, além de traduzir trabalhos de outros cientistas para o francês, tornando-se assim uma “encarregada de correspondências científicas”. Então, dessa forma, Lavoisier tinha acesso privilegiado a trabalhos de outros cientistas. O apagamento histórico da participação de Marie-Anne é um bom exemplo do não reconhecimento das mulheres no mundo das ciências daquela época. Após a execução de seu pai e de seu marido, acusados de traição ao Estado durante a Revolução Francesa, Marie-Anne organizou todos os trabalhos que havia feito com seu marido, e publicou “Memórias da Química”, apenas com o nome de Lavoisier como autor.

Estes estudos publicados serviram também de referencial para a proposta do primeiro modelo atômico apresentado por John Dalton (1766-1844), no século XIX. Para Dalton, a matéria seria formada de partículas unitárias e elementares. Para tanto, lançou mão da Teoria Atômica defendida por Demócrito e Leucipo, adaptando-a às observações da época. Sob essa perspectiva, os postulados de Dalton conseguiram explicar as Leis de Lavoisier e de Proust, estabelecendo um modelo que apresentava os átomos como pequenas esferas, maciças e indivisíveis (Oliveira; Silva; Oliveira, 2013).

A primeira lei, da Conservação das Massas, foi apresentada por Antoine Laurent **Lavoisier** (1743-1794), com base em fatos experimentais, também conhecida como **Lei de Lavoisier** (1785), enuncia que “em uma reação química feita em recipiente fechado, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos” (Nogueira; Silva; Oliveira, 2013). Esta Lei é tida, também, como o fundamento para o balanceamento de equações químicas, pois não há criação e nem perda de átomos, apenas uma transformação química, ou seja, os átomos dos reagentes se organizam ao formarem os produtos.

Já a Lei das Proporções Definidas, proposta pelo químico e farmacêutico Joseph Louis **Proust** (1754-1826), conhecida também como a **Lei de Proust** (1797), enuncia que “Os elementos que reagem para formar um composto sempre se combinam em massas que guardam entre si uma relação de números inteiros e pequenos” (Oliveira; Silva; Oliveira, 2013).

Nesse contexto, então, houve a necessidade de se mensurar e representar todas essas informações relacionadas às substâncias envolvidas em uma equação química, pensadas à época como átomos de elementos químicos. Assim, surgiu o termo estequiometria (do grego *stoicheion* = elemento e *metron* = medição), que foi utilizada pela primeira vez, em 1732, pelo químico alemão Jeremias Benjamin Richter (1762-1807), como um nome para a ciência das medidas das proporções dos átomos dos elementos químicos nas substâncias, conforme descrevem Rocha-Filho e Silva (2023, p. 130).

A estequiometria é uma ferramenta matemática que tem como objetivo quantificar os reagentes e os produtos de uma reação química, sob a perspectiva das grandezas químicas envolvidas nesta reação. Sendo assim, parte-se do balanceamento de uma reação química, além de se basear também nas Leis Ponderais, com destaque nas Leis de Conservação das Massas, Lei de Lavoisier, e das Proporções Definidas, Lei de Proust. Ou seja, refere-se às informações quantitativas relacionadas com fórmulas e equações químicas que são obtidas por meio dos chamados cálculos estequiométricos.

Para nos fornecer um aporte nesse sentido, Vygotsky (1896 - 1934) aborda o instrumento de pensamento como sendo, por exemplo, a linguagem que fornece os conceitos e as formas de organização do real que constituem a

mediação entre o sujeito e o objeto de conhecimento, conforme aponta Oliveira (1995, p. 51).

Vygotsky (2000, p. 267) entende que dessa forma o instrumento de pensamento desempenharia a função de buscar e de construir a solução de um problema. Assim, em se tratando de Leis Ponderais, um aluno elevaria a um patamar superior quanto ao pensamento matemático, permitindo entender qualquer operação matemática como sendo um caso particular de operação de álgebra, possibilitando uma visão mais abstrata e generalista, profunda e rica das operações com números concretos.

Por isso, de agora em diante, vamos nos referir ao cálculo estequiométrico como um instrumento de pensamento.

A cerca dos cálculos estequiométricos no ensino de química, cabe destacar a não contextualização desse assunto com o cotidiano do estudante. Isso significa dizer que as situações postas contemplam contextos que os alunos provavelmente não irão vivenciar. Somando-se a isso, há um excesso de matematização na abordagem dos cálculos estequiométricos no ensino de Química, sem a devida compreensão das situações problemas. Acreditamos que isso seja mais recorrente do que se imagina e tem impacto negativo no processo de ensino-aprendizagem (Costa; Souza, 2013).

Por isso mesmo, o estudo de Raciocínios Proporcionais tem sido um desafio no ensino de Química. Dentre os quais se destaca a estequiometria. Parte dessa dificuldade pode se dar pela forma com que as aulas são ministradas, pois muitas vezes ocorre apenas uma transmissão de informações, definições e leis isoladas. A falta da devida relação com o cotidiano do aluno pode levar ao baixo desenvolvimento cognitivo, pois é como se estivesse optando pela memorização do conteúdo sem necessariamente o seu entendimento qualitativo (Gomes; Macedo, 2007).

Logicamente, há professores que se preocupam em preparar a aula, mas independentemente disso, quase sempre a dificuldade se faz presente quando esse assunto é ministrado em sala. Como professor de Química, sempre percebi a dificuldade que os alunos tinham, e ainda têm, de entenderem, de

interpretarem e de resolverem problemas relacionados aos cálculos estequiométricos.

Provavelmente, isso ocorra pela não contextualização do conteúdo cálculo estequiométrico com o cotidiano do aluno. Ou seja, as situações-problemas que deveriam ser abordadas de acordo com a realidade do aluno não são levadas em consideração. Acreditamos que isso seja mais recorrente do se se imagina.

Além disso, atualmente, está em vigor o Novo Ensino Médio, normatizado pela Lei nº 13.415/2017, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/1996; ao mesmo tempo em que estabelece uma mudança na estrutura do ensino médio. Essas mudanças levaram a ampliação do tempo mínimo do estudante na escola, de 800 horas para 1.000 horas anuais, a partir de 2022. Esta lei define uma nova organização curricular, mais flexível, que contemple uma Base Nacional Comum Curricular e a oferta de diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os chamados itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional. Segundo o Ministério da Educação (MEC) a mudança tem como objetivos garantir a oferta de educação de qualidade a todos os jovens brasileiros e de aproximar as escolas à realidade dos estudantes de hoje, considerando as novas demandas e complexidades do mundo do trabalho e da vida em sociedade (Brasil, 2017)¹.

Face aos fatos expostos, emerge a seguinte questão de pesquisa: que aspectos associados ao processo de ensino-aprendizagem de cálculos estequiométricos contribuem para explicar as dificuldades relacionadas a esse conteúdo?

¹ Quanto à BNCC e a reforma do Ensino Médio, Marsiglia e colaboradores (2017) oferecem fortes críticas por entenderem que, ao invés de haver um fortalecimento do compromisso com a educação e a democracia, tal legislação dá lugar à interesses privados, estabelecendo relações de poder sob influências de agentes nacionais e internacionais em relação aos assuntos educacionais, tanto no planejamento, quanto na elaboração de políticas educacionais, com o intuito de buscar meios para adquirirem poder de decisão e suprirem suas demandas mercadológicas, por exemplo. Porém, este trabalho não tem o objetivo de discutir tais implicações, mas sim, de trazer um panorama amplo das habilidades e competências contidas nesta legislação em relação aos Cálculos Estequiométricos.

Na tentativa de responder a esta questão de pesquisa, formulamos as hipóteses abaixo, como aspectos contribuintes no processo ensino-aprendizagem de cálculos estequiométricos, são elas:

1. a ausência de contextualização e de problematização nos livros didáticos, bem como nas aulas dos professores, pode contribuir para a não apropriação dos cálculos estequiométricos;
2. o uso de metáforas e analogias no ensino de cálculos estequiométricos;
3. a dificuldade dos alunos no desenvolvimento do raciocínio proporcional;
4. o desconhecimento por parte dos professores sobre álgebra de grandezas e análise dimensional.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral identificar possíveis variáveis associadas à aprendizagem insatisfatória dos estudantes no estudo de cálculos estequiométricos.

Os objetivos específicos são os seguintes:

1. identificar, nos livros didáticos, a presença ou ausência de contextualização e problematização relativas a esse conteúdo;
2. apontar como os(as) professores(as) contextualizam ou não o assunto;
3. identificar, nos livros didáticos e nas práticas dos(as) professores(as), a presença ou ausência de metáforas e de analogias;
4. identificar, junto a professores(as), possíveis dificuldades dos(as) alunos(as) no raciocínio proporcional;
5. identificar, junto a professores(as) e nos livros didáticos, o uso de álgebra de grandezas e análise dimensional.

A seguir serão apresentados os referenciais teóricos que dão suporte às nossas hipóteses.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordaremos pontos importantes, que contribuirão com subsídios necessários, para uma melhor reflexão, com um pouco mais de profundidade, sobre as algumas dificuldades presentes no processo de ensino-aprendizagem de cálculos estequiométricos.

1.1 Cotidiano, Contextualização e Problematização

Para Wartha, Silva e Bejarano (2013, p. 84), o termo cotidiano surgiu, inicialmente, nos discursos curriculares da comunidade de educadores químicos no ano de 1982, quando foi incluído no Projeto de Ensino de Química para o 2º Grau - PROQUIM, no estado de São Paulo. Passando a ser amplamente conhecido e visto como uma abordagem fácil de ser utilizada. Havia ali uma clara intenção de que a química fosse inserida na vida de alguém sob vários aspectos. Como por exemplo, um ensino de conteúdos de química com fatos que ocorressem na vida dos indivíduos com o intuito de se alcançar uma aprendizagem de conceitos.

Isso, de certa forma, é corroborado por Lopes (1999, p. 137), que entende que o conhecimento cotidiano deve ser suplantado pelo conhecimento científico, e que por isso, este é mais valorizado no ambiente escolar, pois contradiz aquele, que é caracterizado como uma opinião e com o empirismo imediato.

O conhecimento cotidiano é a soma de nossos conhecimentos sobre a realidade que utilizamos de um modo efetivo na vida cotidiana, sempre de modo heterogêneo. É o conhecimento-guia de nossas ações, nossas conversas, nossas decisões. Saber algo na vida é levar a cabo os tipos de ações. (Lopes, 1999, p. 143).

Para Santos, Rodrigues e Silva (2012), a aquisição do conhecimento cotidiano independe de estudos, pesquisas, reflexões e metodologias. Geralmente se adquire em experiências vivenciadas ou compartilhadas de uma pessoa para outra, ou de tradições antigas.

O conhecimento empírico é considerado prático, pois sua ação se processa segundo os conhecimentos adquiridos nas ações anteriores, sem nenhuma relação científica, metódica ou teórica. É quando obtido por informações, ele tem ligação e explicação com uma ação humana. Seus acontecimentos procedem da vivência e parecem contidos previamente nos limites do mundo empírico. (Fachin, 2006, p. 15).

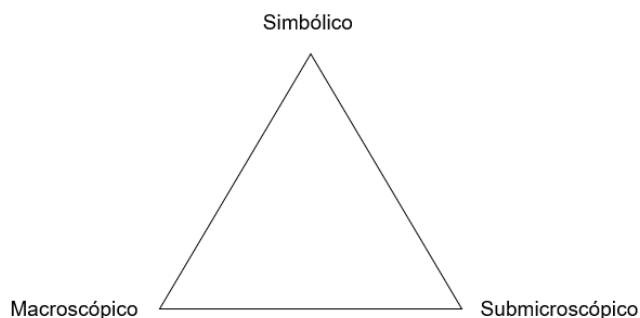
A contextualização para Ricardo (2005) se apresenta, normalmente, como uma associação direta com o cotidiano dos alunos. Aparentemente, o que parece

ser uma vantagem pode se tornar uma armadilha, pois os professores ao utilizarem essa linguagem com os alunos, abordando uma contextualização na tentativa de se aproximar do cotidiano, podem, ao mesmo tempo, tornarem mais difícil a compreensão.

Em se tratando da natureza dos conceitos científicos e sua relação com a realidade, para Johnstone (2000, p. 11), é necessário lançar mão de três níveis conceituais, quando se trata de abordar os conhecimentos químicos: o nível macroscópico e tangível, que pode ser visto, tocado e cheirado; o nível submicroscópico, dos modelos e teorias; e o simbólico, representacional utilizando-se uma linguagem química e matemática.

Sob essa perspectiva, Johnstone (2000) propôs uma abordagem conceitual, conforme a Figura 1. Segundo Ayres-Pereira, Vaciloto, Paulino e Marcondes (2019), os aspectos fenomenológicos são utilizados pelo professor, tais como a exemplificação e a demonstração, para que a contextualização do cotidiano do aluno seja uma ferramenta motivacional para uma aprendizagem significativa.

Figura 1. Abordagem conceitual de Johnstone (2000 *apud* Ayres-Pereira *et al.*, 2019, p. 5)

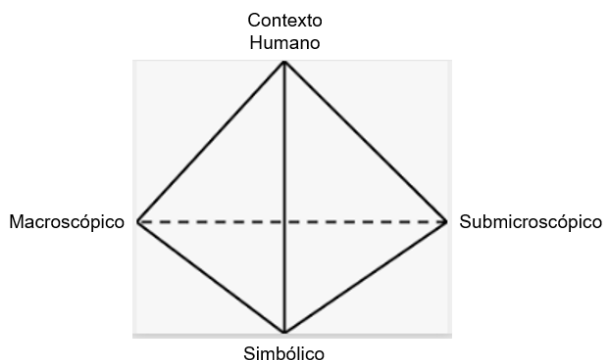


Por sua vez, Mahaffy (2006) propõe “hibridizar” o triângulo plano de Johnstone, transformando-o em um tetraedro (Figura 2). Dessa forma, o contexto humano estaria representado no quarto vértice, que corresponderia de que maneira os conceitos químicos, juntamente com os seus processos e suas simbologias, afetam a vida do cidadão em uma comunidade. Trata-se de um aspecto humano dos outros três vértices, ou seja:

a dimensão humana seria a conexão da vida do estudante com o conceito científico. Dessa forma, o tetraedro proposto amplifica a concepção de contextualização, isto é, passa-se a inserir no ensino discussões sobre a história e filosofia da Ciência e da Química, sobre

os processos desenvolvidos pela Química, além da interpretação e compreensão dos processos químicos e da cultura química por parte da comunidade. (Ayres-Pereira *et al.*, 2019, p. 4).

Figura 2. Tetraedro de Mahaffy (2006, p. 51)



Isso vai ao encontro ao apontamento de Costa e Souza (2013), quando afirmam que a falta de contextualização da Química dificultaria o processo de ensino e aprendizagem, além de impactar o alto índice de rejeição da Ciência pelos alunos.

Segundo Aguiar (2017), a contextualização no ensino de química tem estado cada vez mais presente nos discursos de professores e pesquisadores. Isso não quer dizer, necessariamente, que seja algo praticado na escola. Outrora, documentos oficiais do Ministério da Educação, tais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 1998), além das Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000), Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2006) – já se referiam à contextualização como um dos pressupostos centrais para se desenvolver um ensino por competências. Mesmo assim, nota-se uma grande necessidade de mais pesquisas e discussões para que haja um consenso.

Atualmente, a Base Nacional Comum Curricular (2017), apresenta proposições para adequar currículos à realidade local, com base na autonomia nos sistemas e nas redes de ensino e das instituições escolares, assim como do contexto e das características dos alunos, com o intuito de alcançar o envolvimento e a participação familiar.

- contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na

realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas. (Brasil, 2017, p. 18).

Segundo Ricardo (2005),

A associação do que se aprende com determinado contexto tem seu lado perverso se a capacidade de abstração de certos conceitos e princípios for desconsiderada. Quando esse descuido acontece, corre-se o risco de estreitar a possibilidade de transposição para novos contextos daquilo que foi ensinado, pois a aplicabilidade excessiva, ao mesmo tempo em que encontra uma justificativa para o conteúdo escolar, limita-o ao contexto explorado, esquecendo-se de seu potencial universalizante, uma vez que não será possível abranger todos os casos de aplicabilidade. (p. 123-124).

Em outro artigo, Ricardo (2010) afirma que Paulo Freire apresenta um diálogo entre educando e educador, que deve romper com as práticas educacionais tradicionais de ensino de maneira que a realidade possa ser percebida e transformada em um objeto de reflexão. Nessa concepção freiriana estão presentes aspectos históricos e a discussão de situações, ou obstáculos, para se compreender a realidade dos alunos.

Ou seja, propõe uma *práxis* educacional que transcende a simples utilização de conhecimentos na prática, pois implica reflexão, ação e transformação, tanto da realidade vivida como do sujeito que a vive. Desse modo, a tríade codificação – problematização – descodificação é central na abordagem freiriana. A codificação de uma situação existencial é a sua representação, a mediação entre o contexto real e o contexto teórico. A problematização é o diálogo não apenas com a realidade do sujeito, mas também entre o professor e o aluno, a fim de que este se reconheça na representação. E, a descodificação é a análise crítica e a exteriorização da visão de mundo do sujeito. (Ricardo, 2010, p. 38).

Nesse sentido, Berbel (1995) defende que a Metodologia da Problematização apresenta uma visão libertadora na qual os sujeitos instruem-se e conscientizam-se de seus papéis, de seus deveres e de seus direitos, abordando um aspecto de transformação social e não individual ou individualizante. Para a autora, seus fundamentos estão em Paulo Freire, Demerval Saviani, José Carlos Libâneo, Cipriano Carlos Luckesi, entre outros educadores e pensadores, que se inspiraram nas teorias histórico-social.

Ainda, segundo Berbel (1995), há dois métodos válidos, mas que apresentam objetivos diferentes:

O método de resolução de problemas estimula o raciocínio, a exploração lógica dos dados, a generalização etc, ou seja, o desenvolvimento de habilidades intelectuais e a aquisição de conhecimentos, preponderantemente. A metodologia da problematização, além dessas aquisições, mobiliza o potencial social,

político e ético dos profissionais em formação. Proporciona a estes amplas condições de relação teoria-prática. (...) Alunos e professores juntos, saem dos muros da Universidade e aprendem com a realidade concreta. Aumentam as chances de se estimular nos alunos uma postura de cidadãos mais conscientes, críticos e comprometidos com o seu meio. Eis aí algumas razões porque escolhemos trabalhar com a Metodologia da Problematização. (Berbel, 1995, p. 14).

Tal metodologia, pode ser representada pelo Arco de Magueréz (Figura 3), que indica como ponto de partida a “realidade”, observada sob vários aspectos, permitindo ao estudante ou ao professor apontar os problemas percebidos, possibilitando um exercício intelectual e social, com a finalidade de enxergar e transformar essa mesma “realidade” com maior criticidade (Berbel, 1995).

Mas antes de apresentarmos o Arco de Magueréz é interessante destacar uma evolução conceitual desse esquema de progressão pedagógica proposta, inicialmente, em 1966 por Charles Magueréz, que vamos denominar aqui de primeiro esquema. Em 1970, o autor realizou várias abordagens individuais e grupais nas populações rurais na Ilha de França². A partir daí o autor propôs o Esquema Pedagógico, que mais tarde passou a ser chamado de Esquema do Arco (segundo esquema), semelhantemente, àquele apresentado em 1966.

Segundo Franca (2013, p. 47), ao se comparar o segundo esquema com o primeiro percebeu-se um “caminho” que vai do concreto ao abstrato e, em seguida, retorna ao concreto. Berbel e Gamboa (2012) descrevem que os pontos mais se destacam são: as atividades eram mais informativas e reprodutivas pelos executores, e pouco reflexiva por parte dos aprendizes.

Para Berbel e Gamboa (2012) após a análise do terceiro texto de Bordenave ficava claro as influências teóricas que marcam o seu trabalho em relação ao Arco de Magueréz:

Ele mesmo (Bordenave) mencionou as ideias de Paulo Freire, algumas ideias de Jean Piaget, o acesso que teve ao que compreendeu como três expressões do construtivismo - a aprendizagem por descoberta, inspirada nas ideias de Jean Piaget; - a concepção sociointeracionista

² Após a Revolução Francesa (1789 – 1799) passou a ser chamada de Região Parisiense. Em 1975, recebeu o nome de Ilha de França, que corresponde a uma das 18 regiões administrativas francesas. Está localizada no centro norte da França. No Brasil, equivaleria a um estado pequeno com grande densidade populacional. Isso porque ali estão centrados os poderes econômicos, administrativos e políticos do país. Nessa região estão localizados, por exemplo, as cidades de Paris e Versalhes. É um território coberto por porções de florestas, vilarejos, castelos e produtores agrícolas. Atualmente, apresenta uma zona rural que cobre 80% dessa região.

da aprendizagem sustentada nos estudos de Lev Vygotsky e desenvolvida por Jerome Bruner; e - a aprendizagem significativa de David Ausubel. Por último, por sua afirmação, o próprio autor constatou que a educação problematizadora encontrava fundamentação epistemológica no pensamento dialético. (Berbel; Gamboa 2012, p. 270).

Ainda conforme Berbel e Gamboa (2012):

a terceira versão de explicação para o Arco de Maguerez (BERBEL, 1995, 1996, 1998a, 1998b, entre outros) apoiou-se bastante em Bordenave e Pereira (4ª edição em 1982), ganhando depois nova consistência teórica e epistemológica pela associação explícita do caminho metodológico com o conceito de *práxis* e suas características, de Adolfo Sánchez Vázquez (1977), e com ideias de Paulo Freire (BERBEL, 1999), apropriadas de alguns de seus livros, com as quais viamos muita afinidade e que conjugamos para ir caracterizando nossos usos e orientações. (2012, p.270).

Por esse motivo o Arco a ser utilizado neste trabalho é o proposto por Bordenave e Pereira, que tem o seguinte desenho:

Figura 3. Arco de Maguerez utilizado por Berbel (1995, p. 11) a partir de Bordenave e Pereira



Para Berbel (1998), a observação da realidade social e concreta é realizada pelos alunos a partir de uma unidade de estudo ou de um determinado tema. Dessa forma, são orientados pelo professor a registrarem o que percebem sobre a realidade em que o tema está em consonância com o que está acontecendo. Tal observação poderá apresentar várias dificuldades ou demandas, que serão problematizadas podendo um sendo escolhido para ser estudado por todo grupo, ou várias problematizações podem ser distribuídas para pequenos grupos.

Na segunda etapa, dos pontos chaves, os alunos realizam uma eleição do que foi observado na realidade. É um momento de síntese para a elaboração

de aspectos para uma melhor compreensão do que está sendo estudado, sempre buscando uma resposta ao problema, ou seja, são facilitadores que suscitam questionamentos que conduzem as discussões, contribuindo, dessa forma, para reflexões sobre o tema explorado (Prado *et al.*, 2012).

A teorização, terceira etapa, quando bem desenvolvida, leva o aluno a compreender o problema, indagando o porquê do que está sendo observado. Nesta etapa acontecem as operações mentais analíticas³ que favorecem o crescimento intelectual de todos os envolvidos no estudo do assunto (Prado *et al.*, 2012).

Ainda, para Berbel (1998), a partir desse estudo, após a análise e a discussão do assunto, bem como as possíveis conclusões que podem ser alcançadas, ocorre a elaboração de hipóteses, quarta etapa, que apresenta a compreensão aprofundada sobre o(s) problema(s), que será(ão) investigado(s) sob os ângulos possíveis, ou seja, ocorre uma aprofundamento teórico dos indivíduos, que necessitam compreender os aspectos envolvidos nos problemas.

A quinta etapa do Arco de Magueres é considerada uma etapa de prática, de ação concreta sobre a mesma realidade de onde emergiu, ou emergiram, o(s) problema(s), promovendo uma transformação, ainda que sutil, naquela parcela da realidade estudada. O objetivo é fazer com que o estudante tome consciência do mundo em que está inserido, agindo, intencionalmente, para transformá-lo com o intuito de resolver o(s) problema(s) identificado(s) (Prado *et al.*, 2012).

Isso é corroborado por Ricardo (2010), que apresenta problematização como uma prática dialógica entre o professor e os alunos, no começo da aula, com o objetivo de fazer um levantamento de concepções sobre determinado conceito científico. Não se prendendo apenas às perguntas ao conteúdo proposto. Então,

como construir uma sequência didática que tenha como ponto de partida uma problematização, sustentada em uma situação tal que os alunos se deparem com a necessidade de se apropriar de um conjunto de saberes que ainda não têm, e que permita uma contextualização? (Ricardo, 2010, p. 2).

³ Gomes, Cristiano M. A. Funções cognitivas e operações Mentais. In: _____. **Feuerstein e a construção mediada do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002, p. 109 – 183.

Visando promover propostas que vão nessa direção, Ricardo (2010) entende que o ensino contextualizado se dá pelas escolhas didáticas do professor juntamente com um planejamento bem esboçado. Vale ressaltar que as estratégias didáticas antecedem a contextualização. É aí que surge a problematização, na construção de situações problemas que precedem as situações de aprendizagem. Algo em que os alunos se identifiquem de alguma forma. É preciso entender que as situações-problemas não são autônomas, ou seja, não se constituem por si mesmas. Não é apenas desenhar os assuntos a serem ministrados e encaixá-los em generalizações. E sim, ter clareza do ponto de partida e de chegada bem definidos. Em diálogo com outros autores, ele aponta:

O filósofo Gaston Bachelard (1996) já alertava que havia a necessidade de construir problemas que não são postos pelos alunos. Os problemas científicos não são naturais para os educandos. Karl Popper (1974) também destacou que na escola se ensinam respostas a perguntas que não foram feitas. Nesse sentido, Vlassis e Demonty (2002), ao discutirem as características de uma situação-problema, afirmam que “por mais evidente que isso possa parecer, a situação deve verdadeiramente pôr um problema aos alunos” (2002, p.40). Evidente talvez, mas não trivial. (Ricardo, 2010, p. 42 - 43).

Não se espera, a partir de uma situação problema, produzir um diálogo entre professor e alunos com respostas do tipo: sim ou não, contra ou a favor, conheço ou não conheço (Ricardo, 2010). Pois, uma situação-problema pode e deve levar à formulação de outros problemas, ou seja, a partir de uma problematização há a necessidade de uma análise crítica da realidade.

Dessa maneira, ainda segundo este autor, a contextualização ocorrerá quando se retorna à realidade, a qual foi o ponto de partida. Sob um novo olhar e com novas possibilidades de compreensão e ação. Tem-se aí uma sequência na qual fica claro que a problematização precede a contextualização. Essa situação ocorre a partir de uma construção, por isso, não é dada em programas e livros didáticos.

Para Delizoicov (2001, p.133) a situação-problema:

Deve ter o potencial de gerar no aluno a necessidade de apropriação de um conhecimento que ele ainda não tem e que ainda não foi apresentado pelo professor. É preciso que o problema formulado tenha uma significação para o estudante, de modo a conscientizá-lo que a sua solução exige um conhecimento que, para ele, é inédito.

Nesse contexto, é interessante trazermos a proposta didática dos Três Momentos Pedagógicos concebidos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), que se referem à Problematização Inicial, à Organização do Conhecimento e à Aplicação do Conhecimento.

A primeira ação, Problematização inicial, corresponde à coleta de informações, impressões dos alunos em relação a uma situação, registrando diferentes interpretações visando um posicionamento crítico; a segunda ação, Organização do Conhecimento, a qual ocorre por intermédio do professor, instiga uma articulação do conhecimento prévio dos alunos com o conhecimento científico, que se pretende alcançar, através das teorias estudadas, provocando nos estudantes a reflexão, o questionamento e a explicação sobre o que está sendo estudado; e por último, a Aplicação do conhecimento, que se refere ao apropriamento do conhecimento científico, com o intuito de analisar a situação-problema ou elaborar novas perguntas em busca de respostas.

Na perspectiva de Abreu, Ferreira e Freitas (2017), há uma possibilidade de desenvolver no aluno uma postura crítica, desafiando-o e motivando-o a pensar e fazer um ensino de ciências mais interessante.

Além disso, essa proposta tenta inserir uma ideia de que a apropriação do conhecimento não ocorre pela transmissão mecânica de informações, e nem caracteriza a ciência como um produto acabado e inquestionável, o que na verdade favoreceria a um conhecimento que não pode ser chamado de científico, por divergência com a própria natureza do conhecimento. Também deixaria o professor menos refém dos livros didáticos e motivaria os alunos a aprenderem a partir de seus conhecimentos cotidianos, tornando-os sujeitos de sua aprendizagem.

Dessa maneira, as situações-problemas devem envolver conhecimentos que o aluno já possui e os conhecimentos científicos que deve aprender dentro de cada disciplina. Ainda, segundo Gasparin (2007), o desafio não pode situar-se no nível em que o educando se encontra, pois assim não seria desafio.

O estímulo passa a existir a partir do momento em que o educando liga o que já sabe com aquilo que vê que pode alcançar, mas que ainda não está sob o seu domínio. Assim, os obstáculos se tornam degraus positivos que põem em ação o potencial de cada educando. Na realização desse processo, entra em ação o conhecimento do

professor, sua preparação didática, sua capacidade de unir o conhecimento cotidiano do educando ao conhecimento científico, dando um passo adiante, realizando uma nova síntese, conduzindo o aluno a um novo patamar de compreensão da realidade estudada. Seu conhecimento cotidiano eleva-se ao científico, ao mesmo tempo que o científico desce ao cotidiano. Este caminhar dialético constrói e reconstrói o conhecimento possibilitando e fazendo o desenvolvimento do educando. (Gasparin, 2007, p. 2).

Assim, acreditamos que os conteúdos possam ser ressignificados partindo-se de uma realidade concreta, exigindo do professor uma flexibilização na organização do planejamento alinhada com a seleção de conteúdos a serem abordados, buscando provocar nos alunos uma maior criticidade. No entanto, não podemos esquecer que outros aspectos, como o emprego de metáforas e analogias, são relevantes ao se ensinar novos conceitos científicos.

1.2 O Uso de Analogias e Metáforas

Para Bozelli e Nardi (2006), as metáforas e as analogias são estratégias didáticas fundamentais no processo de ensino-aprendizagem relacionadas aos temas complexos, pois auxiliam na comparação, na ilustração e na compreensão de um domínio científico desconhecido dos alunos a partir de um domínio familiar.

Já Mozzer e Justi (2018) se referem às analogias e metáforas como ferramentas de pensamento úteis no processo de ensino-aprendizagem na Química e nas Ciências, de modo geral, que auxiliam a compreensão e explicação do “não familiar” a partir do “familiar”. É visto como um processo inerente à cognição humana, podendo favorecer o entendimento dos estudantes de conceitos e entidades abstratas a partir daquilo que já sabem.

Mas então, qual a diferença entre analogia e metáfora? Segundo Duit (1991, p. 651), tal distinção é muito difícil, pois diversos autores apresentam diferentes conceitos ao utilizarem esses termos. Isso ocorre porque há também muitas semelhanças entre elas.

Uma analogia compara explicitamente as estruturas de dois domínios; indica identidade de partes das estruturas. Uma metáfora compara implicitamente, realçando características ou qualidades relacionais que não coincidem em dois domínios. (Duit, 1991, p.651).

Dessa forma, Duit (1991) entende que, de maneira mais formal, a analogia é uma comparação explícita de estruturas entre dois domínios, que em um processo de aprendizagem pode tornar as novas informações mais fáceis de serem imaginadas, mais concretas. Relacionando uma informação nova para algo que seja muito familiar para o aluno. Assim, ocorre o alinhamento entre duas ideias: o aprender, como um processo ativo de construção e a aprendizagem, que só é possível com base no conhecimento prévio adquirido.

Ainda para este autor, a metáfora é uma comparação na qual deve ser revelada ou criada pelo destinatário. Apresenta um aspecto de surpresa. São explicitamente falsas. No entanto, aponta diferenças importantes para aguçar a mente a buscar semelhanças. Também é mista como uma forma de provocar um conflito cognitivo, importante para o processo ensino-aprendizagem.

Assim, para diferenciar uma analisar de uma metáfora, podemos utilizar dois exemplos: o primeiro ao dizer, “aquela mulher é uma rosa” é uma metáfora, pois obviamente, as características físicas de uma mulher não podem ser semelhantes a de uma flor, mas implicitamente, de uma maneira subjetiva, pode-se interpretar que a mulher é bela, tem um cheiro agradável etc. No âmbito da Química, ao dizermos que “o átomo proposto por Dalton é uma bola de sinuca”, há características semelhantes entre o domínio, a bolha de sinuca, que é esférica, e o alvo, que é o modelo de átomo proposto por Dalton.

Para Dagher⁴ (1995 *apud* Bozelli; Nardi, 2006), as analogias e metáforas podem assumir várias características quando inseridas em disciplinas diferentes:

Para o gramático, por exemplo, por exemplo, “metáfora é uma figura de linguagem”. Considerando que para o filósofo, a metáfora é chamada ‘repetição eterna’, indução’, ‘semelhança’, ‘sinônimo’, ‘universal’. Para o cientista, a metáfora é analogia, cujos aspectos estruturais foram amenizados, ou é o ‘modelo’. (...) para os professores de ciências, poderíamos especular que metáforas, analogias, e modelos são ferramentas para aumentar a compreensão dos estudantes sobre a ciência. (Dagher, 1995, p. 260 *apud* Bozelli; Nardi, 2006).

Isso é corroborado por Silva (2008) por entender que não é feita uma distinção entre analogia e metáfora, sendo utilizadas como sinônimos.

⁴ DAGHER, Zoubeida R. Analysis of analogies used by science teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32, n. 3, p. 259-270, 1995.

Provavelmente, por isso, haja o uso excessivo no emprego desses termos no cotidiano, de maneira equivocada, inclusive do meio científico.

A literatura apresenta analogia como sendo o ponto em comum entre coisas diferentes. No dicionário Houaiss (2004), o significado dela é descrito como uma relação ou semelhança entre coisas ou fatos (p. 202). Já a metáfora, segundo Farias⁵ (1975 *apud* Silva, 2008, p. 25):

consiste na transferência de uma palavra para um âmbito semântico que não é do objeto que ela designa, e que se fundamenta numa relação de semelhança subtendida entre o sentido próprio e o figurado, como por exemplo, chama-se de *raposa* a uma pessoa astuta.

Acerca disso, Silva (2008) defende que as analogias e as metáforas, nas Ciências da Natureza, podem ser utilizadas como facilitadores na aprendizagem, que auxiliam a elaboração de modelos científicos e de ensino. Em outras palavras, são utilizados como recursos didáticos. Formalmente, apresenta as seguintes definições:

Analogia: são comparações explícitas entre um domínio conhecido e um outro desconhecido ou alvo (que pode ser o conhecimento científico). O primeiro também chamado de familiar, pode subsidiar na construção do conhecimento científico e que ao ser explorado contribui no entendimento do conhecimento. Nesta relação, entre comparação e o alvo, acontece de maneira direta.

Metáfora: é a interface entre dois saberes, um já existente, fundamentado na literatura por *familiar* ou *similar*, também chamado de senso comum, e um novo, que é apresentado ao educando em forma de história, conto, fábula ou folclore. A metáfora não apresenta relação direta com o que se pretende comparar, que em especial é o conhecimento científico. (Silva, 2008, p. 26).

Dessa forma, neste trabalho, concordamos com Duit (1991) no que se relaciona à analogia e à metáfora, entendo que elas auxiliam na compreensão de situações cotidianas, sendo ferramentas importantes no processo de ensino-aprendizagem.

É importante destacar que, segundo Mól (1999, p. 60), os conceitos de analogia e de metáfora não são excludentes, mas complementares, visto que “toda analogia tem um caráter metafórico e toda metáfora um caráter analógico”. No entanto, essa ideia de complementação difere da ideia de sinonímia entre os conceitos.

⁵ FARIAS, E., In Dicionário Escolar Latino-Português. Rio de Janeiro: Fename – Fundação Nacional de Material Escolar, 5ª edição, 1975. p.614.

Portanto, mesmo estando numa mesma hierarquia conceitual, a analogia e a metáfora devem ser consideradas como conceitos distintos, porque enquanto nas analogias as relações entre os dois domínios comparados são suficientemente claras, nas metáforas elas estão apenas implícitas. (Lara, 2014, p. 30).

De acordo com Dagher (1995 *apud* Mól, 1999, p. 26), a analogia é empregada nas áreas de ciência e tecnologia, enquanto, em um contexto literário, utiliza-se mais a metáfora. Mól (1999) traz ainda o conceito de analogia como sendo amplo, mas sempre relacionando dois conceitos, experimentos ou situações: o que se pretende ensinar e é desconhecido, e o que servirá de referência.

Segundo Mól (1999), o conceito que se pretende ensinar aos alunos é denominado conceito alvo, enquanto o conceito domínio é aquele que se espera que o aluno tenha. Esse conhecimento prévio é denominado por David Paul Ausubel (1918-2008) de âncora, que pode significar incluir, englobar, subordinar, ou seja, um conhecimento já internalizado que servirá de apoio para um novo conceito ensinado. Conforme descreve Alegro (2008), referindo-se à Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel:

A estrutura cognitiva é constituída pelos conteúdos das ideias e sua organização. A aprendizagem significativa é o processo pelo qual uma nova informação recebida pelo sujeito interage com uma estrutura de conhecimento específica orientada por conceitos relevantes, os conceitos subsunçores – incorporadores, integradores, inseridores ou âncoras – determinantes do conhecimento prévio que ancora novas aprendizagens. (Alegro, 2008, p. 24).

Mól (1999) disponibiliza diversas denominações para os conceitos comparados em uma analogia. A tabela a seguir apresenta definições empregadas por alguns autores, em que se pode observar diferentes termos relacionados à analogia.

Quadro 1. Denominações empregadas por autores para os conceitos envolvidos em uma analogia

CONCEITO DESCONHECIDO	CONCEITO CONHECIDO	AUTOR
Alvo	Base	MASTRILLI (1997)
Alvo	Análogo	VENVILLE e TREAGUST (1997)
Alvo	Fonte	BORGES (1997)
Domínio menos familiar	Domínio mais familiar	DAGHER (1995)
Alvo	Análogo	VENVILLE et al. (1994)
Domínio alvo	Domínio fonte ou base	DAGHER (1994)
Domínio não familiar	Domínio familiar	HARRISON e TREAGUST (1993)
Alvo	Análogo	DUIT (1991)
Alvo	Base	BROWN e CLEMENT (1989)
Tópico	Fonte	VOSNIADOU e SCHOMMER (1988)
Tópico	Veículo	CURTIS e REIGELUTH (1984)
Branco	Análogo	OTERO (1997)

Fonte: Mól (1999, p. 24)

A seguir, como essa dissertação trata de cálculos estequiométricos, iremos discorrer sobre o raciocínio proporcional, bem como as dificuldades apresentadas pelos professores e pelos alunos, quando esse conteúdo é ministrado.

1.3 O Raciocínio Proporcional

O cálculo estequiométrico é um dos conteúdos que apresenta um alto grau de dificuldade de aprendizagem, ou pelos cálculos em si, ou pelas reações que precisam ser representadas ou balanceadas. Além disso, muitos alunos não conseguem relacionar as grandezas para realizarem os cálculos. Então, de forma mecânica, provavelmente, memorizam os passos para resolução do problema conforme orientações do professor (Costa; Souza, 2013, p. 117).

Batinga (2010) acredita que a estequiometria no ensino médio apresenta uma dificuldade no processo de ensino-aprendizagem por ser apresentada de forma meramente descritiva. Nesse contexto, os professores estariam mais preocupados em abordar o aspecto matemático do que interpretar os fenômenos químicos a partir dos conceitos envolvidos. Dessa forma, o aluno desenvolveria o raciocínio matemático a partir de memorizações de procedimentos para que pudessem resolver exercícios.

Isso é corroborado por Migliato Filho (2005, p. 3):

Desta forma, o aluno é conduzido ao desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático com a finalidade exclusiva de mecanizar os procedimentos para a solução de problemas envolvendo os aspectos quantitativos dos fenômenos químicos. Por outro lado, o que leva o aluno a não entender as relações matemáticas necessárias à compreensão das relações estequiométricas é a dificuldade que os mesmos apresentam em conhecimentos básicos de matemática.

Sobre isso, Pio (2006) afirma que:

O desenvolvimento do Cálculo Estequiométrico utiliza a linguagem matemática (aritmética e proporção), a linguagem física (unidades de medidas do SI) e a linguagem química (simbologia, grandezas e equações químicas). Segundo a literatura, a maioria dos professores considera “Cálculo Estequiométrico” um grande desafio, devido à dificuldade de aprendizagem que os alunos apresentam. (Pio, 2006, p. 8).

Leite e Soares (2018) entendem que a problemática não deve estar na capacidade do aluno de reproduzir muitas vezes o mesmo tipo de exercício, e sim, na qualidade do ensino de Química.

Santos e Schnetzler (1996) entendem que essa qualidade se refere a ensinar o conteúdo de Química com a finalidade de desenvolver no educando, entre outras coisas, uma participação crítica de questões sociais para o exercício de sua cidadania, ou seja, apresentar:

“a capacidade de tomar decisões fundamentadas em informações e ponderadas as diversas consequências decorrentes de tal posicionamento”. (Santos; Schnetzler, 1996, p. 29).

Ainda, segundo Leite e Soares (2018), muitos professores e livros didáticos enfatizam a memorização excessiva, que leva o aluno a adquirir uma habilidade de fazer cálculos matemáticos, não os relacionando com a Química.

Acreditamos que esta abordagem pragmática e objetiva, privilegiada nos livros didáticos, conduz a uma prática mecanicista. Seu objetivo é “facilitar” o aprendizado, uma vez que, utiliza a aplicação direta de fórmulas e, por isso, não instiga o estudante a pensar ou a desenvolver um “raciocínio lógico” para trabalhar com os conceitos químicos com maior autonomia. Consequentemente, em um segundo momento, essa prática vai constituir-se como uma barreira no sentido de estimular uma aprendizagem crítica e emancipadora do estudante de química. (Leite; Soares, 2018, p. 42).

Pelo que vimos, os problemas analisados devem ser contextualizados, ou seja, fazer sentido para o aluno, pois dessa forma a aprendizagem se mostrará mais significativa, mais eficaz.

Além disso, vale ressaltar a importância do contexto para a compreensão de situações da realidade do aluno. Se não for assim, o estudante será um mero resolvidor de exercícios, tendo desenvolvido uma habilidade matemática, através de repetições, de solucionar os problemas propostos pelos professores e pelos livros didáticos.

Nesse sentido, uma das formas mais utilizadas para o desenvolvimento do conteúdo Cálculos Estequiométricos é o uso do raciocínio proporcional. A seguir, abordaremos a álgebra de grandezas e a análise dimensional.

1.4 A Álgebra de Grandezas e Análise Dimensional

A regra de três é um cálculo utilizado, por exemplo, na estequiometria, para se encontrar uma medida, quando se conhece outras três, desde que formem uma proporção. Muitas vezes é considerado um caminho mais fácil, mas que não instiga o acesso ao conhecimento químico envolvido.

Para Leite e Soares (2018), os cálculos realizados com o método da regra de três exigem uma concepção de proporcionalidade, que faz parte da prática cotidiana do aluno, sendo, por isso, considerada uma estratégia capaz de permitir uma capacidade de abstração dos conceitos químicos:

Instigar os estudantes a utilizar o “raciocínio de proporcionalidade” ou o “cálculo mental”, que exige o pensar e, conseqüentemente, a utilização de palavras, faz os mesmos se “familiarizarem” com o conteúdo para, em uma segunda etapa, inserir o conhecimento matemático e sua respectiva representação escrita. Esta maneira de trabalhar a resolução de problemas caminha para uma educação dialógica, onde o estudante aprende a criar seu jeito próprio de pensar, de interpretar, de fazer, de criar e de criticar. (Leite; Soares, 2018, p. 51).

Nessa perspectiva, Gomes e Macedo (2007) acreditam que há uma redução do conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação-problema. Já em outros momentos, o ensino privilegiava aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos dos estudantes. Ou seja, o aluno passa a ser um resolvidor de exercícios.

Para Porto e Kruger (2013), isso pode provocar uma falta de interesse de muitos estudantes pela estequiometria, além de adquirirem uma imagem

completamente distorcida sobre a mesma, chegando ao ponto de considerá-la não fazer parte de seu cotidiano.

Em uma tentativa de melhorar o entendimento da estequiometria, pode-se utilizar operações de conversão de unidades de medida em outras. Vale ressaltar que esse método, pouco utilizado pelos docentes, denominado análise dimensional, possibilita uma previsão, uma verificação e/ou uma adequação das unidades das grandezas envolvidas nas resoluções de exercícios ou até mesmo na análise da situação-problema, utilizada para a resolução de equações. Acreditamos que a estequiometria auxilia o entendimento das equações algébricas e das químicas também.

Talvez, um possível dificultador do uso desse método, segundo Leite e Soares (2018), seja o livro didático, que notoriamente assumiu um papel fundamental no processo de ensino, tendo como dependente o professor, que organiza, desenvolve e avalia seu trabalho pedagógico de sala de aula. É comum essa supervalorização do livro didático no ensino médio, a ponto de se sobrepor ao professor.

Porém, nota-se que os livros didáticos, geralmente, trazem uma formatação ou uma configuração conteudista e mecanicista, tentando levar o aluno a ser alguém que consiga resolver exercícios, quando na verdade o estudante deveria ser apresentado a problemas contextualizados e que fazem parte do seu cotidiano. Tal situação deve conduzi-lo a entender para solucionar o problema posto.

Cabe ressaltar que, para se utilizar a análise dimensional ou a regra de três é preciso que uma equação química esteja devidamente balanceada. No entanto, para Santos e Silva (2014), os alunos ao realizarem o balanceamento conseguem até identificar a quantidade de átomos de um elemento nas fórmulas, mas não conseguem interpretar essas informações em nível submicroscópico, além de apresentarem dificuldades nos cálculos matemáticos de proporções na resolução de problemas que envolvem as leis ponderais.

No livro Cálculos Básicos da Química, Rocha-Filho e Silva (2023) defendem que os cálculos da Química sejam realizados pelo Método de Análise Dimensional. De modo que as grandezas sejam corretamente expressas, isto é,

como produtos de números e unidades de medidas. A correta operação com grandezas, chamada de Álgebra de Grandezas, facilitaria o raciocínio e permitiria compreender melhor as etapas envolvidas em cada tipo de cálculo. Verificando-se, portanto, que o raciocínio é dado ao enfoque matemático, quando os autores utilizam o termo “Álgebra de Grandezas”.

O método de análise dimensional tem duas grandes vantagens:

1. As unidades das grandezas calculadas (resultado do cálculo) serão obtidas automaticamente.
2. Se um erro for cometido ao montar os termos envolvidos no cálculo (por exemplo, o uso de uma fórmula errada, de um fator de conversão⁶ errado ou invertido etc.), ele será facilmente detectável, já que as unidades da resposta não estarão corretas para a grandeza calculada. (Rocha-Filho; Silva, 2023, p. 29).

Na sequência, apresentaremos a proposta metodológica utilizada nesta dissertação.

2 METODOLOGIA

A pesquisa proposta é de cunho qualitativo, pois o fenômeno estudado, a saber, os problemas e as perspectivas envolvidos no processo de ensino-aprendizagem de cálculos estequiométricos, foi interpretado a partir de uma medição de dados coletados com o auxílio de entrevistas semiestruturadas, que ocorreram, preferencialmente, no ambiente natural⁷ dos professores, com o intuito de conhecer a realidade do entrevistado para que houvesse uma melhor compreensão a partir da perspectiva dos participantes.

Oliveira (2010) relata que alguns autores atribuem à pesquisa qualitativa a necessidade de desenvolver atividades de investigação que se apresentam de forma específica em um ambiente escolar. O que permitiria melhorar o entendimento desse ambiente, além de possibilitar ao pesquisador chegar às suas conclusões.

⁶ Fator de conversão representa uma grandeza ou proporção entre grandezas, que podem ser utilizadas para relacionar unidades de medidas a outras unidades de medidas (Rocha-Filho; Silva, 2023).

⁷ Devido à proximidade do fim da pandemia e considerando a distância de alguns entrevistados, algumas entrevistas ocorreram de forma remota. Na oportunidade o professor foi informado sobre a gravação de áudio. Além disso a Carta Convite, que consta no Apêndice B, foi lida durante a gravação.

Já para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares e explora um nível de realidade que não pode ser quantificado. Trabalhando, dessa forma, o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes. Características essas, que se encontram mais profundamente nas relações, nos processos e nos fenômenos, e que por isso, se encontra uma dificuldade em reduzi-los à uma operação de variáveis.

Além disso, a autora descreve ainda, na investigação qualitativa, que a partir do contato direto do pesquisador com a situação estudada, há um rico universo de dados descritivos, voltados mais para o processo do que para o produto, retratando a perspectiva dos participantes.

Com esse intuito vamos recorrer a uma investigação que ocorrerá em duas etapas. A primeira, a realização de uma entrevista semiestruturada com professores de química, de escolas da rede pública e particular, que lecionam o conteúdo Cálculo Estequiométrico; e a segunda, a análise de um livro didático de cada uma das sete (7) coleções oferecidas pelo MEC referentes ao Novo Ensino Médio.

Primeiramente, a intenção é analisar as concepções dos professores de química sobre o ensino de Cálculo Estequiométrico, com perguntas objetivas e subjetivas, que fornecerão dados suficientes para se estabelecer a importância no uso de contextualizações, problematização, metáforas e analogias, especificamente nesse conteúdo, e suas implicações.

Dentre as perguntas semiestruturadas contidas no roteiro utilizado nas entrevistas, conforme Apêndice B, podemos destacar as seguintes: i) O que você entende por contextualização no Ensino Médio? ii) Você costuma contextualizar as suas aulas de Cálculo Estequiométrico? De que maneira? iii) Você costuma fazer uso de analogias, ou metáforas, durante as aulas de Estequiometria? Poderia dar algum exemplo? iv) Qual método você comumente utiliza para explicar Cálculo Estequiométrico? v) Você já explicou Estequiometria por meio da álgebra e das grandezas utilizando a análise dimensional? De que maneira você utiliza essa ferramenta? vi) Como você trabalha o raciocínio proporcional ao explicar Cálculos Estequiométricos?

No entanto, é necessário cautela, pois:

(...) o papel do entrevistador, mas como responsável por proceder uma profunda avaliação, categorização e categorizando as respostas, organizando-as de acordo com o conteúdo e com o tema, selecionando as palavras e solicitando, às vezes, maiores esclarecimentos, através de novos questionamentos, quando necessários. Outra grande dificuldade é que as falas são produzidas e elaboradas por sujeitos com diferentes recursos reflexivos e com maior ou menor facilidade de expressão verbal. (Romanelli; Biasoli-Alves, 1998, p. 130).

Além disso, ao analisarmos os livros didáticos, fizemos um levantamento nos capítulos e/ou unidades das obras das coleções, que abordassem assuntos como balanceamento, quantidade de matéria, reações químicas, entre outros, mas sempre relacionados ao conteúdo cálculo estequiométrico.

Para uma melhor análise das informações coletadas foi utilizada a Teoria Fundamentada de Dados, como veremos a seguir.

2.1 Procedimento de coleta de dados

Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas, conforme o Apêndice B, com 10 professores de ensino médio, de escolas particulares e públicas, efetivos e contratados temporariamente. Em seguida, estas entrevistas foram transcritas na plataforma de uma inteligência artificial, o Atlas.ti®.

Para Melo (2022):

A entrevista é um instrumento que envolve a interação direta entre o pesquisador e o(s) participante(s) de uma pesquisa, normalmente ocorrendo verbalmente, frente a frente e um por um. Nesse método, as questões de pesquisa são traduzidas pelo pesquisador para serem utilizadas com as pessoas pesquisadas, sendo elas determinantes para a seleção dos participantes. (Melo, 2022, p. 68).

Ressaltamos que realizamos três entrevistas-piloto, para buscarmos uma melhor assertividade nos questionamentos realizados junto aos professores que foram entrevistados posteriormente.

Então, convidamos para essas entrevistas colegas, de escolas públicas, do grupo de pesquisa não envolvidos com essa dissertação, de maneira aleatória. Percebemos que os questionamentos estavam relativamente ajustados, mas como as entrevistas foram feitas com professores que não estavam lecionando cálculo estequiométrico há algum tempo, isso fazia com que a duração da resposta ficasse longa. No entanto, ao procurarmos professores

que haviam ensinado recentemente esse conteúdo, percebemos que as respostas ficaram mais concisas.

Com isso, conseguimos ajustar o tempo de entrevista e desenvolver questionamentos, que inseridos em momentos adequados fizeram com que algo que poderia ser enfadonho se transformasse em uma conversa com poucas formalidades, deixando o professor mais a vontade para apresentar suas concepções sobre o assunto.

Convidamos, para as entrevistas, dez (10) colegas do ensino médio, que estavam ministrando, ou que ministrariam, naquele ano letivo, o assunto cálculos estequiométricos. Sendo oito (8) professores de escolas públicas, denominados PPU e dois (2) de escolas particulares, representados por PPa.

Priorizamos realizar as entrevistas no local de trabalho de cada professor participante, mas nem todas ocorreram dessa forma. Alguns professores, que residem em locais afastados no Distrito Federal, entenderam que realizar a entrevista remotamente seria melhor.

Outros, que aceitaram participar, por algum impedimento interno, não podiam conceder a entrevista em seu local de trabalho, por serem escolas particulares e militar. Cabe ressaltar que essas escolas apresentaram dificuldades burocráticas ou simplesmente não retornavam o contato, que foram realizados pessoalmente junto às suas direções e/ou coordenações.

Por esse motivo, dois professores de escolas particulares e o do colégio militar foram convidados por intermédio de terceiros, geralmente colegas de trabalho. Por isso, foram entrevistados remotamente.

Todas as entrevistas tiveram seus áudios gravados, tanto as realizadas *in loco*, como as remotas. Neste caso, o pesquisador projetou na tela do computador e leu a Carta Convite (Apêndice A) na íntegra. Dessa forma o entrevistado respondia se concordava, ou não, com os termos ali apresentados.

A seguir, apresentamos os resultados e discussões das análises realizadas nessa dissertação, seja a partir das entrevistas com professores da Educação Básica ou em consequência da avaliação de livros didáticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, os resultados apresentam análises de sete livros didáticos escolhidos dentro do Plano Nacional do Livro Didático do ensino médio, orientados pelas diretrizes do Novo Ensino Médio. Também são apresentadas as análises feitas a partir dos trechos das entrevistas dos professores de química do ensino médio, utilizando-se a Teoria Fundamentada de Dados. Em ambas, procuramos abordar as perspectivas apontadas pelos professores em relação ao ensino de cálculos estequiométricos em algumas escolas, públicas e particulares do Distrito Federal.

3.1 Livros Didáticos analisados

Com a implementação do Novo Ensino Médio, o Ministério da Educação (MEC) abriu o Edital Nº 03/2019 – CGPLI - Edital de Convocação para o Processo de Inscrição e Avaliação de Obras Didáticas, Literárias e Recursos Digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático PNLD 2021. O objetivo foi adquirir obras para cinco objetos diferentes, sendo o Objeto 2: "Obras Didáticas por Áreas do Conhecimento e Obras Didáticas Específicas as destinadas aos estudantes e professores do ensino médio". No caso das Obras Didáticas por Áreas do Conhecimento objetivou-se selecionar coleções para as áreas de: a) Linguagens e suas Tecnologias; b) Matemática e suas Tecnologias; c) Ciências da Natureza e suas Tecnologias; d) Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. As coleções de cada área de conhecimento devem apresentar seis volumes, estando a química, a física e a biologia inseridas na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias (CNT).

Desse modo, cada livro didático de uma coleção, também chamada de obra, abrange as três disciplinas das Ciências da Natureza, a saber, Química, Física e Biologia. Ocasionalmente, uma obra pode conter apenas duas dessas três disciplinas mencionadas. No PNLD 2021 foram aprovadas sete coleções para a área de CNT.

Segundo orientações gerais, propostas pelo MEC, as obras apresentam algumas características relativas às estruturas e aos fundamentos teórico-metodológicos.

Quanto à estrutura da obra, cada volume aborda conteúdos e apresenta uma progressão das competências e habilidades, sendo que o desenvolvimento de cada um deles independa de qualquer sequência didática, podendo, dessa maneira se adequar à realidade local e ao planejamento do professor. Ou seja, não há pré-requisitos nem aumento na complexidade dos temas apresentados nessas obras.

A pretensão dos autores é que a coleção possa ser usada como um instrumento fortalecedor da formação intelectual do aluno, promovendo a reflexão em um contexto individual e coletivo dos estudantes, com o intuito de minimizar problemas contemporâneos e aumentar a interação, de forma ativa, na sociedade.

Pretendem, também, apresentar temas fundamentais para a construção de uma base conceitual, buscando desenvolver uma visão ampla, interdisciplinar firmada no contexto das Ciências da Natureza.

Quanto aos conteúdos ditos tradicionais, do Ensino Médio, serão abordados com a intenção de atender às competências gerais e específicas, além das habilidades da Base Nacional Curricular Comum, conforme cada etapa de ensino.

A nossa pretensão, enquanto pesquisa, será analisar uma obra de cada uma das sete coleções, que contenha o conteúdo Cálculo Estequiométrico. Com o intuito de observar pontos como: contextualização e problematização envolvidos, ou não, no processo de ensino-aprendizagem; o uso de metáforas e analogias, que possam ilustrar, ou auxiliar o ensino desse conteúdo; entre outros que sejam destacados.

Os livros didáticos analisados foram relacionados pelo MEC para que os professores de ensino médio, da área de Ciências da Natureza, na concepção deles, escolhessem a coleção que melhor contemplasse a escola na qual lecionam.

3.1.1 Coleção Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão impressa

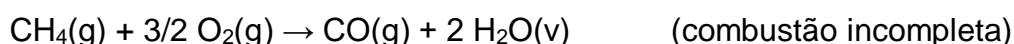
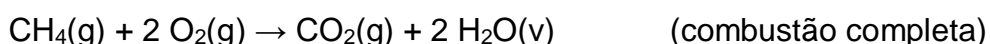
A Tabela 1 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna:

Tabela 1: Dados da Coleção Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna

Coleção Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão impressa	
Código da Coleção:	0194P21203
Código da Obra:	0194P21203 136
Título da Obra:	Poluição e Movimento
Autores:	Sônia Lopes e Sérgio Rosso
Unidade 1	Combustíveis e motores
Tema 2	Reações de Combustão e Estequiometria • Quantidade de Matéria • Balanceamento de Equações Químicas • Cálculos Estequiométricos
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 5, 6 e 10.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	Não informadas.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT303, EM13CNT306, EM13CNT309.

Notou-se, nessa obra, que o assunto estequiometria é abordado de maneira bastante sucinta, pontuando-se alguns conceitos de forma bem objetiva. Há uma utilização de reações e exercícios resolvidos na tentativa de explicitar o conteúdo.

Interessante ressaltar que, nesta obra, o conteúdo de oxirredução não é trabalhado nesta obra, mas os autores sugerem que o professor deve esclarecer o significado de “agente oxidante” e “agente redutor” para que as explicações das reações de combustão do metano, por exemplo, sejam mais bem assimiladas.



Em seguida, os autores pontuam conceitos de Quantidade de Matéria e Coeficiente Estequiométrico para, então, realizar o Balanceamento de Equações Químicas.

Segundo os autores do livro didático (p. 24):

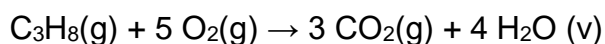
“Quantidade de Matéria, que tem como unidade o mol, corresponde a $6,02214076 \times 10^{23}$ partículas (íons, átomos, moléculas, elétrons etc.), também chamado de Constante de Avogadro (N_A), em consequência de uma homenagem ao cientista italiano Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856)”. (Lopes; Rosso, 2020)

Segundo Rocha-Filho e Silva (2023, p. 37), ao se referirem à “quantidade de matéria”⁸, que comumente chamamos quantidade⁹, os autores a descrevem como entidades que têm “massas distintas e ocupam volumes distintos”.

O mol, símbolo mol, é a quantidade de matéria do SI. Um mol contém exatamente $6,02214076 \cdot 10^{23}$ entidades elementares. Este número é chamado de “número de Avogadro”, corresponde ao valor numérico fixado da constante de Avogadro, N_A , quando expressa em mol^{-1} .

A quantidade de matéria, símbolo n , de um sistema é uma representação do número de entidades elementares especificadas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, u , elétron, ou qualquer outra partícula ou grupo especificado de partículas. (Rocha-Filho; Silva, 2023, p. 49)

A partir daí a obra introduz os Cálculos Estequiométricos propriamente dito, utilizando-se uma tabela contendo equação química, quantidade de matéria conversão em massa molar e massa. A equação química utilizada como exemplo é a combustão completa do propano:



Ao apresentarem os Cálculos Estequiométricos os autores dividem esse tópico em dois grupos: relacionando quantidades de reagente e produtos em um cenário ideal e relacionando quantidades de reagentes e produtos em um cenário real. O primeiro, como o nome sugere, são cálculos realizados como se a reação acontecesse em condições ideais. O segundo, está subdividido em

⁸ Na década de 1970, quando o mol foi incorporado como a sétima unidade de base do SI, no Brasil o nome da respectiva grandeza de base foi oficializado como “quantidade de matéria” (Decreto n. 81.621, de 3 de maio de 1978). Em 2012, por ocasião da tradução da 8ª edição de brochura “Sistema Internacional de Unidades: SI”, este nome foi alterado para “quantidade de substância” (Portaria n. 590, de 2 de dezembro de 2013), mas em Portugal continuou sendo quantidade de matéria. Após a atualização do SI de 2018, voltou-se a adotar o termo “quantidade de matéria”, agora usado tanto no Brasil como em Portugal (Portaria Inmetro n. 228, de 17 de maio de 2021). Note que, no passado, a grandeza quantidade de matéria era referida como “número de moles”, expressão obsoleta cujo uso não é recomendado (Rocha-Filho; Silva, 2023, p. 21).

⁹ Segundo a IUPAC, o termo “quantidade de matéria” pode ser vantajosamente abreviado para “quantidade”, desde que não haja possibilidade de ambiguidade. Exemplos: quantidade de N_2 , quantidade do soluto, concentração da quantidade de NaCl (Rocha-Filho; Silva, 2023, p. 49).

pureza dos reagentes, reagente limitante e em excesso, reações consecutivas e rendimento de uma reação química.

Em outros exemplos, o livro didático utiliza reações para exemplificarem situações que apresentam reagentes completamente distante da realidade de um aluno de ensino médio, como por exemplo: a produção de ferro (Fe) a partir da hematita (Fe_2O_3), a produção de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a partir do dissulfeto de ferroso (FeS_2) e a obtenção de alumínio (Al) a partir do óxido de alumínio (Al_2O_3), entre outros.

Além disso, pode-se questionar a utilização desses pontos - pureza dos reagentes, reagente limitante e em excesso, reações consecutivas e rendimento de uma reação química -, quando o livro didático e/ou o professor lançam mão desses recursos. É coerente tamanho detalhamento para explicar cálculo estequiométrico a um aluno do ensino médio ou isso seria mais adequado a um aluno que está cursando Química?

Segundo Meneses (2015), os conteúdos de Química são, muitas vezes, fragmentados e descontextualizados. Ou seja, não têm relação com o cotidiano do aluno, além de não apresentarem relação com outros conteúdos, promovendo assim um ensino pouco significativo. Tal fragmentação resulta em um processo ensino-aprendizagem com excesso de conteúdo e conceitos, que não facilitam ao aluno a compreensão do que é estudado.

3.1.2 Coleção Multiversos - Ciências da Natureza: matéria, energia e a vida - Editora FTD, 1ª edição, 2020 - versão impressa

A Tabela 2 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Multiversos - Ciências da Natureza: matéria, energia e a vida - Editora FTD:

Tabela 2: Dados da Coleção Multiversos - Ciências da Natureza: matéria, energia e a vida - Editora FTD

Coleção Multiversos - CN: matéria, energia e a vida - Editora FTD, 1ª edição, 2020 - versão impressa	
Código da Coleção:	0221P21203
Código da Obra:	0221P21203133
Título da Obra:	Matéria, Energia e a Vida
Autores:	Leandro Godoy, Rasana Agnolo e Wolney Melo
Unidade 3	Transformações da matéria e da energia - reações químicas e metabolismo

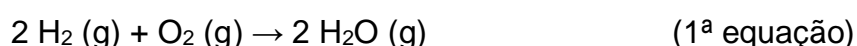
Tema 1	Funções e reações químicas • Equações químicas • Lei da conservação da massa • Lei das proporções definidas
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, 5, 8 e 9.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1, 2 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT306.

No Tema 1 da Unidade 3 desta obra, os autores apresentam um breve histórico da manipulação do fogo, relacionando-o com uma das evidências de transformação química, caracterizada pela liberação de energia.

Na tentativa de fazerem essa contextualização, utilizam como exemplo o gás de cozinha, composto por propano e butano que, ao reagirem com o oxigênio, transformam-se em água e gás carbônico, ambos no estado gasoso.

Em seguida, o conceito de equações químicas é descrito, destacando-se os reagentes, os produtos, o significado da seta na equação, além dos índices. Nesse ponto, ainda não haviam sido explorados os coeficientes estequiométricos.

Ao abordarem a Lei de Conservação das Massas, os autores utilizam como exemplo a reação entre o gás hidrogênio (H₂) e o gás oxigênio (O₂) na formação de água, conforme descrito a seguir:



Então, os autores definiram o coeficiente estequiométrico da seguinte forma: “

Indicam quantas moléculas ou átomos estão envolvidos em uma reação química. A ausência de coeficientes pode ser entendida como o número 1 (um)...” (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 96).

Para Rocha-Filho e Silva (2023), uma equação balanceada:

nada mais é do que a relação entre entidades químicas reagentes e produtos... Balanceamento de equações químicas deve ser feito para que se obedeça à Lei de Conservação da Massa (Lavoisier, 1789): “quando uma reação química ocorre, a massa final dos produtos

obtidos é igual à massa dos reagentes consumidos, ou seja, o número de átomos de diferentes elementos presentes nos produtos, no final da reação, é o mesmo que estava presente nos reagentes consumidos. O procedimento de balanceamento visa, portanto, garantir que o número de átomos dos elementos envolvidos seja o mesmo em ambos lados da equação química. (Rocha-Filho; Silva, 2023, p. 119).

Os autores do livro didático apresentam, ainda no Tema 1, o tópico Funções e reações químicas, como descrito a seguir: “

As substâncias químicas têm **comportamentos** característicos que as classificam em diversos tipos de função como ácidos, bases, sais e óxidos...” (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p.98, grifo nosso).

Esses autores ainda ressaltam,

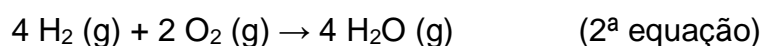
“Vamos analisar os **comportamentos** das funções quando as substâncias estiverem em meio aquoso...” (p.98, grifo nosso).

Apesar de não se tratar diretamente do conteúdo Cálculos Estequiométricos, é necessário analisar a utilização de terminologias inadequadas utilizadas nesse contexto, no caso, em relação aos termos “comportamentos” de substâncias destacados acima. De maneira objetiva, substâncias **não** se comportam, pois isso, segundo o Dicionário Michaelis online, é "conjunto de atitudes que refletem o meio social; forma de proceder". A nosso ver, as substâncias apresentam propriedades, ou seja, algo que as qualifica.

Na sequência, a Lei das Proporções Definidas é abordada por Godoy; Agnolo, Melo (2020) como: “

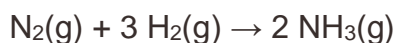
O enunciado dessa lei, também chamada de Lei de Proust, diz que as reações químicas acontecem em proporções definidas” (p 97).

Com base na equação química exposta na Lei de Conservação da Massa (1ª equação), os autores apresentam a seguinte reação para exemplificarem a Lei de Proust:



Nesse ponto, para explicarem a Lei das Proporções Definidas, os autores utilizam a analogia de uma receita de bolo, que apresenta uma determinada quantidade de ingredientes, e complementam indagando o que uma pessoa deve fazer se quiser dobrar a receita.

Em seguida, apresentam um breve histórico sobre a produção de fertilizantes, na Alemanha, a partir da síntese da amônia como fonte de nitrogênio, o que, segundo o texto do livro didático, aumentaria entre 30 e 50% da produção agrícola. Tal reação é ilustrada pela seguinte equação química:



Godoy, Agnolo e Melo (2020) discorrerem sobre cada uma das funções (ácido, base, sal e óxido) com suas respectivas características. Toda essa explanação acontece de maneira sucinta e sem o devido detalhamento, o que, provavelmente, pode trazer alguns prejuízos nas explicações realizadas.

Ao se referirem à função ácido, os autores, apresentam um quadro que traz os seguintes exemplos de fórmulas moleculares, assim como a nomenclatura para os diferentes ácidos.

Quadro 2: Nomenclatura de ácidos

Ânion	Fórmula molecular do ácido	Nome do ácido
Cl ⁻ (Cloreto)	HCl	Ácido clorídrico
SO ₄ ²⁻ (Sulfato)	H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
NO ₂ ⁻ (Nitrito)	HNO ₂	Ácido nitroso
BO ₃ ³⁻ (Borato)	H ₃ BO ₃	Ácido bórico

Fonte: Godoy; Agnolo; Melo (2020, p. 99)

Os autores se limitaram a apresentarem exemplos de alimentos em que estão presentes substâncias classificadas como ácidas, utilizando imagens de frutas cítricas utilizadas na “culinária brasileira”: mexerica, limão, laranja, kiwi e morango.

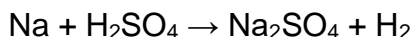
Além dos ânions apresentados no Quadro 1, os autores trazem, também, os íons carbonato (CO₃²⁻) e bicarbonato (HCO₃⁻), que são produzidos a partir do sal bicarbonato de sódio (NaHCO₃) fazendo, assim, uma referência ao antiácido estomacal:

que reduz, momentaneamente, a acidez estomacal provocada pelo excesso de ácido clorídrico, segundo a reação:
 $\text{NaHCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 99).

Uma contextualização apresentada pelos autores foi a corrosão que ocorre em pedras de mármore devido às propriedades das substâncias ácidas:

Profissionais que trabalham com mármore, os marmoristas, não recomendam que ele entre em contato com vinagre, devido ao risco de corrosão. Essa corrosão acontece porque o mármore tem em sua composição o sal carbonato de cálcio (CaCO_3), que, em contato com o ácido acético (HAc) presente no vinagre, forma o sal acetato de cálcio ($\text{Ca}(\text{Ac})_2$), um precipitado branco, além de água e gás carbônico. (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 99)

De maneira aleatória, os autores sugerem que seja feito o balanceamento da seguinte reação:



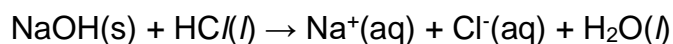
Em seguida, discorrem sobre a função base, citando a barrilha, que era formada a partir da cinza de alguns vegetais e que, por isso, foi utilizada na Revolução Industrial (1760 - 1840) na produção de vidro, tecido e sabão.

Outra característica de uma substância básica, segundo os autores, é o sabor adstringente, que é uma das propriedades organolépticas¹⁰. Como exemplo, apresentam a banana verde, o caju e certos medicamentos antiácidos.

É interessante destacar aqui que os autores do livro didático não fizeram nenhuma distinção ao se referirem ao antiácido apresentado na função ácido, que é produzido a partir de um sal-ácido, e o antiácido apresentado na função base, que tem como princípio ativo o hidróxido de magnésio - $\text{Mg}(\text{OH})_2$ - conhecido comercialmente como leite de magnésia.

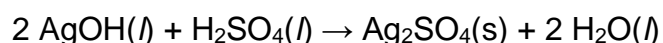
O tópico seguinte exibiu a Reação de neutralização, indicando a reação entre um ácido e uma base produziria água e “possivelmente sais”. Como exemplos foram apresentadas duas equações químicas:

- 1) Hidróxido de sódio que reage com ácido clorídrico formando água:



- 2) Hidróxido de prata que reage com ácido sulfúrico formando sulfato de prata e água:

¹⁰ Estimulam os sentidos e são influenciadas por características como cor, textura, sabor e cheiro, podendo atuar, ainda, como ferramentas que possibilitam utilizar os estímulos do corpo para desenvolver a percepção e, em consequência, induzirem acréscimos à cognição, relacionando-as de forma significativa ao conteúdo. (Cunha; Mariano; Bondani, 2017).



Novamente, de maneira aleatória, os autores sugerem a montagem da equação balanceada de uma reação entre hidróxido de chumbo - $\text{Pb}(\text{OH})_2$ - com ácido clorídrico - HCl -, “supondo que haja a formação de sal praticamente insolúvel”.

Nesse ponto observa-se que, dentre os conteúdos abordados no livro didático, não foi feita nenhuma referência à sais insolúveis e à formação de precipitados. Então, isso possivelmente, poderia trazer alguma insegurança ao aluno que tentasse montar essa equação química, pois se considerarmos apenas o que foi apresentado pelo livro didático, o aluno não teria informações suficientes para discernir um sal solúvel de outro insolúvel.

Outro problema identificado se refere à nomenclatura apresentada, em relação à base $\text{Pb}(\text{OH})_2$. O correto seria nomeá-lo: hidróxido de chumbo II ou hidróxido plumboso, segundo as regras descritas pela IUPAC¹¹.

Ao se referirem aos óxidos, os autores do livro didático definem óxidos básicos da seguinte forma:

quando o oxigênio (não metal) está ligado a um metal, se forma um composto iônico e neste caso o óxido será classificado como **óxido básico**. Todos os óxidos de metais quando colocados em água formarão hidroxilas. (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 100).

Por outro lado, ao se referirem aos óxidos ácidos, definem como: “

aqueles formados pelo oxigênio e outro não metal, portanto, são formados por ligação covalente. Quando colocados em água, os óxidos ácidos formarão um ácido”. (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 101).

¹¹ *Internacional Union of Pure and Applied Chemistry*, na tradução livre, União Internacional da Química Pura e Aplicada. Uma organização não governamental (ONG), dedicada ao avanço da química e responsável, entre outras coisas, pelas regras de nomenclaturas de compostos químicos. Criada em Genebra em 1919, mas atualmente, sediada em Zurique, Suíça. Tem como membros as sociedades nacionais de química, que no Brasil é representada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ).

É importante ressaltar que esse livro didático não traz os conceitos e exemplos de óxidos neutros¹² e anfóteros¹³. Então, ao definir um óxido neutro deve-se ter a cautela de não generalizar, pois é sabido que o monóxido de carbono - CO, o monóxido de nitrogênio - NO, e o monóxido de dinitrogênio - N₂O são exemplos de óxidos neutros.

Da mesma forma, não se pode afirmar que “todo óxido de metais quando colocados em água formarão hidróxidos”, pois os óxidos anfóteros tem como exemplos, entre outros, o óxido de zinco - ZnO, o óxido de alumínio - Al₂O₃, o óxido de ferro III - Fe₂O₃.

No intuito de contextualizar os óxidos, os autores apresentam o óxido de cálcio - CaO, também conhecida como cal, que é utilizada na construção civil com a finalidade de endurecer a argamassa no cimento, com o objetivo de ampliar sua elasticidade e aderência.

Ao analisarmos esse livro didático percebemos que os autores se esforçam em trazer alguma contextualização na abordagem dos assuntos apresentados. No entanto, na maioria das vezes, essa tentativa se mostra prejudicada pelo fato de serem substâncias que não fazem parte do dia a dia do aluno.

3.1.3 Coleção Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 – versão impressa

A Tabela 3 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia - Editora Moderna:

Tabela 3: Dados da Coleção Moderna Plus - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Editora Moderna

Coleção Moderna Plus - CNT: matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão impressa	
Código da Coleção:	0198P21203
Código da Obra:	0198P21203135
Título da Obra:	Matéria e Energia

¹² São aqueles que não apresentam nem características ácidas e nem básicas. Geralmente, se apresentam no estado gasoso.

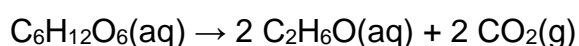
¹³ São capazes de reagir tanto com ácidos quanto com bases.

Autores:	José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo César Martins Penteado, Carlos Magno A. Torres, Júlio Soares, Eduardo Leite do Canto e Laura Celloto Cante Leite.
Capítulo 3	Quantidade de Matéria e Mol <ul style="list-style-type: none"> • Massa Atômica • Mol e Constante de Avogadro • Massa Molar e Quantidade de Matéria • Porcentagem em Massa de um Elemento • Concentração em Quantidade de Matéria
Capítulo 6	Proporção das Reações Químicas <ul style="list-style-type: none"> • Relações Estequiométricas Fundamentais • Reações Sucessivas, Pureza e Rendimento • Cálculos Estequiométricos com Solutos
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, 5, 8 e 9.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1, 2 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT202, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT306.

No capítulo 3, os autores se utilizam da analogia e da metáfora ao compararem a contagem de objetos macroscópicos, tais como, “5 moedas”, “um par de meias”, “duas dúzias de bananas”, como uma “contagem direta”. No entanto, eles enfatizam também a possibilidade de uma “contagem indireta” de átomos em oposição à primeira. Por exemplo, com a utilização de uma balança e considerando que os objetos (parafusos) apresentem a mesma massa, seria possível determinar a quantidade desses objetos.

Nesse caso, a analogia e a metáfora utilizada foi a comparação de átomos com um lote de parafusos, todos de massas idênticas e com o auxílio de uma balança. Ao se medir a massa do lote de parafusos e de apenas um parafuso consegue-se determinar a quantidade de parafusos presentes nesse lote hipotético.

No capítulo 6, os autores utilizam a analogia do fermento biológico na produção de pães, exemplificando com a seguinte equação química:



A partir dessa equação química, os autores organizaram o capítulo 6 em: relações estequiométricas fundamentais; reações sucessivas, pureza e rendimento; cálculos estequiométricos com solutos.

No item Relações estequiométricas fundamentais, os tópicos representados foram: **relação estequiométrica entre quantidades de matéria, relação estequiométrica entre massas, e relação estequiométrica envolvendo volume gasoso**. Apenas o primeiro apresentou, de maneira discreta, a análise dimensional para demonstrar a álgebra envolvida nos cálculos estequiométricos. No restante do capítulo, os autores utilizaram fórmulas pré-definidas ou regras de três simples.

O capítulo 3 apresenta um total de 33 exercícios, sendo 26 autorais, 2 relacionados à vestibulares e 5 retirados das provas do ENEM. Já no capítulo 6 foram encontrados 20 questões autorais e 6 questões retiradas das provas do ENEM.

No Capítulo 3 nota-se uma abordagem referente ao uso de ATP (trifosfato de adenosina) como fonte de energia requerida no esforço muscular durante uma atividade física. Tenta relacionar a quantidade de ATP através de uma quantidade indireta. Nenhum cálculo é apresentado e essa abordagem é apresentada em forma de um texto introdutório.

Nesses dois capítulos, mais uma vez, percebemos uma quantidade excessiva de assuntos apresentados, o que pode resultar, conforme já mencionamos acima, em uma maior dificuldade dos alunos em assimilar o conteúdo de cálculo estequiométrico.

3.1.4 Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Materiais e Energia: transformações e conservação - Editora Scipione, 1ª edição, 2020 – versão impressa

A Tabela 4 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Materiais e Energia: transformações e conservação - Editora Scipione:

Tabela 4: Dados da Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Materiais e Energia: transformações e conservação - Editora Scipione

Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar - CNT - Materiais e Energia: transformações e conservação - Editora Scipione, 1ª edição, 2020 - versão impressa	
Código da Coleção:	0181P21203
Código da Obra:	0181P21203136
Título da Obra:	Materiais e Energia: transformações e conservação
Autores:	Eduardo Mortimer, Andréa Horta, Alfredo Mateus, Arjuna Panzera, Esdras Garcia, Marcos Pimenta, Danusa Munford, Luiz Franco e Santer Matos.
Módulo 1	Transformação dos Materiais
Capítulo 1	Introdução às Transformações Químicas • As evidências e o reconhecimento de reações químicas
Capítulo 2	A Massa Muda? Conservação da Matéria • A massa é conservada na reação química? • A linguagem química
Capítulo 3	Evitando Desperdício nas Reações: química verde • Os princípios da Química Verde • A lei das proporções definidas • Contando átomos, moléculas e íons • A quantidade de matéria - mol • Volume molar dos gases
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, 4, 7 e 9.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT106, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT307.

O Capítulo 1 apresenta uma introdução às transformações químicas sem, no entanto, expor praticamente nenhuma teoria. Está, basicamente, dividido em duas atividades que são apresentadas como investigativas.

As atividades investigativas propostas, tratam-se de reações simples em que a maioria dos reagentes pode ser encontrados no dia a dia do aluno, tais como: o hidróxido de sódio (NaOH), o bicarbonato de sódio (NaHCO₃), vinagre, palha de aço e repolho roxo. Normalmente, são objetos comuns e acessíveis, mas que, eventualmente, podem não estar disponíveis para alguns alunos, a depender das condições socioeconômicas das escolas em que estudam.

O capítulo é finalizado com a exposição de evidências que favorecem o reconhecimento de reações químicas: “evolução do gás, formação de precipitado, mudança de cor, mudança de temperatura, mudança de estado físico, presença de chama ou de luminosidade” (p. 17), entre outros. Dessa

maneira, descreve que, ao ocorrer uma reação química, essas evidências permitem diferenciar os estados final e inicial do sistema. Os exercícios, neste capítulo, são substituídos por reflexões em cada um desses experimentos.

O livro didático apresenta a possibilidade de se reconhecer uma transformação química a partir de evidências macroscópicas. Sob esse argumento, os autores afirmam que os ingredientes do pão de queijo, por exemplo, são misturados e colocados na presença de calor, ocorrendo, dessa maneira, as reações que resultam em “uma textura e sabor característico desse alimento”.

Já no capítulo 2 é apresentado uma estrutura semelhante ao capítulo 1, pelo menos no que diz respeito à proposição de atividades investigativas, a partir de experimentos, com o intuito de demonstrar a conversão das massas nas reações químicas.

Novamente, enfatizamos a necessidade de se observar a utilização do hidróxido de sódio, do bicarbonato de sódio, do béquer, entre outros objetos que, aparentemente, são comuns, mas que podem não ser acessíveis à maioria dos alunos. Além disso, há o risco de se manusear a soda cáustica (NaOH), que precisam ser enfatizados.

Os autores concluem que a “massa se conserva porque os átomos dos elementos químicos, envolvidos na transformação, se conservam”.

Para Mortimer *et al.* (2020):

As ideias que utilizamos para justificar porque a massa se conserva nas transformações – “nada saiu do recipiente nem se tirou nada” – podem ser interpretadas em termos atômico-nucleares. Assim, “não entrou nem saiu nada” pode ser traduzido para: “os átomos presentes no sistema inicial são os mesmos presentes no sistema final”. Ao fazer essa “tradução” estamos estabelecendo relações entre as constatações sobre a conservação (ou não) da massa e o que isso significa, em nível atômico-nuclear, para a conservação dos átomos. (Mortimer *et al.*, 2020, p. 25).

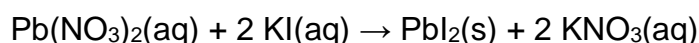
Este capítulo é finalizado com a abordagem da “linguagem química” que é atribuída aos registros de informações na Ciência. Em particular, esse registro é feito por meio de equações químicas, utilizando-se fórmulas químicas e símbolos, indicando os reagentes e os produtos de uma reação.

Os autores iniciam o capítulo 3 apresentando uma “Química Verde”:

(...) uma metodologia que propõe princípios e procedimentos para minimizar ou erradicar o uso ou a geração de substâncias nocivas nos processos de criação, fabricação e aplicação de produtos químicos. O objetivo é contribuir para o desenvolvimento de tecnologias e ações para a sociedade, a economia e o ambiente. (Mortimer *et al.*, 2020, p. 29).

Outros pontos abordados no capítulo foram: a lei das proporções definidas; contando átomos, moléculas e íons; a quantidade de matéria – mol.

Novamente, percebe-se que os reagentes são pouco acessíveis para que os alunos possam manuseá-los, conforme a reação utilizada como exemplo ilustrativo na página 36:



Ao apresentarem essa equação química, como exemplo do tópico **contando átomos, moléculas e íons**, os autores introduzem os conceitos de índices e de coeficientes, com o intuito de definir o balanceamento. Isso ocorre de uma maneira muito discreta. E finalizam esse assunto demonstrando que, com isso, a massa tanto nos reagentes é igual à massa dos produtos.

Em outro tópico, **A quantidade de matéria – mol**, os autores fazem uma analogia com quantidades utilizadas como “padrão” para determinados objetos. Por exemplo, quando se fala em ovos, faz-se uma associação à quantidade medida em dúzia. Quando se fala em telhas, em cento. Assim:

A unidade de medida mol também mede a quantidade de coisas, só que de coisas infinitamente pequenas, como átomos. Moléculas, íons, elétrons, etc.

Mol é uma unidade do Sistema Internacional de Unidades para quantidade de substância¹⁴. Um mol contém exatamente $6,002214 \times 10^{23}$ entidades elementares. (Mortimer *et al.*, 2020, p. 37).

Os autores apresentam a **Constante de Avogadro** como sendo a relação entre esse número e a respectiva quantidade ($6,002214 \times 10^{23}/\text{mol}$), graças à descoberta de Amedeo Avogadro (1776-1856), contribuindo com a teoria atômica proposta por John Dalton. De forma análoga, ao relacionar essa quantidade com uma massa determinada tem-se a **massa molar** ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$).

¹⁴ Vide referência 6.

Ainda, segundo a **Constante de Avogadro**, foi possível definir a grandeza **volume molar**, utilizada para gases, em que 1 mol de qualquer gás ocupará o mesmo volume, nas mesmas condições de temperatura e pressão.

Ao analisarmos este livro didático, concordamos com o que defende Lara (2014, p. 20), ou seja, há muitas críticas influenciadas por pesquisas em relação às concepções alternativas e obstáculos epistemológicos. Com isso, a utilização, de maneira improvisada, de analogias com pouco embasamento teórico, pode distorcer as diferenças entre ciência e senso comum.

3.1.5 Coleção Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão digital

A Tabela 5 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia - Editora Moderna:

Tabela 5: Dados da Coleção Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e energia - Editora Moderna

Coleção Conexões - CNT: matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão digital	
Código da Coleção:	0199P21203
Código da Obra:	0199P21203133
Título da Obra:	Matéria e Energia
Autores:	Miguel Thompson, Eloici Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'ana, Vera Lúcia D. de Novais e Murilo Tissoni Antunes.
Capítulo 5	As transformações ao nosso redor <ul style="list-style-type: none"> • Nossos antepassados e a estruturação das modernas Ciências Naturais • Leis ponderais das reações químicas • Reações químicas: estudo qualitativo • Alguns tipos de reações químicas
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, 4, 7, 8, 9 e 10.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1, 2 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT207, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT306, EM13CNT307, EM13CNT309.

Ao introduzir o conceito de transformação, que não fica explícito, mas entende-se ser a química, a obra faz uma relação disso com problemas

ambientais e “para a vida em geral”. E que por isso, destaca-se a importância das discussões que estão ocorrendo na sociedade e na mídia sobre o assunto.

Apresenta ainda, um breve relato sobre o diálogo entre Leucipo (c. 480 a.C. -c. 420 a.C.) e Demócrito (c. 460 a.C. -c. 370 a.C.), em relação a uma proposta de existência do átomo, quando debatiam sobre a constituição da matéria, que ocorreu há 2500 anos. Empédocles (c. 490 a.C. -c. 435 a.C.) também é citado ao se considerar que o Universo é formado por quatro componentes: ar, fogo, terra e água. Denominada “teoria dos quatro elementos.

Ainda, segundo os autores, Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) teria criticado a concepção atomista e aderido à teoria dos quatro elementos, acrescentando que qualquer um desses elementos poderia se transformar no outro.

A obra também faz um breve relato da biografia de Lavoisier, descrevendo ainda suas três maiores contribuições, a saber: a concepção da conservação da massa, a primeira definição do elemento químico e a formulação de uma nomenclatura química.

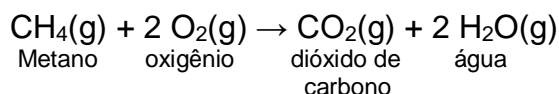
As leis ponderais, tanto de Lavoisier, quanto a de Proust, foram citadas como resultados de evidências experimentais, fundamentais para a confirmação da Química como Ciência, que ocorreu entre o final do século XVIII e começo do século XIX.

Além disso, a Teoria Atômica de Dalton é apresentada como uma justificativa das leis de Lavoisier e de Proust, sendo considerada satisfatória na explicação de resultados experimentais. No entanto, essa teoria atômica só foi aceita no meio acadêmico muitas décadas depois.

Em seguida, os autores apresentam uma representação de reação utilizando a eletrólise. Nesse ponto, observamos que tal exemplo não é o mais adequado, por envolver outros conceitos inerentes a esse conteúdo, o que pode dificultar o entendimento dos alunos a respeito do assunto reação química.

O que, de maneira mais comum, chamaríamos de balanceamento, os autores se referem à “determinação de coeficientes de acerto de uma equação química”. Para isso, se utilizam de uma reação de combustão completa do

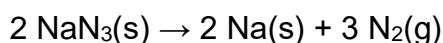
metano (CH₄), com seus respectivos “coeficientes de acerto”, conforme a equação abaixo:



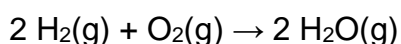
A partir desse momento, a obra se refere ao balanceamento por tentativas, para tanto, apresenta um pequeno roteiro com quatro pontos e algumas observações, na tentativa de se alcançar o balanceamento.

Em seguida, algumas reações químicas são representadas para ilustrarem, também, os balanceamentos:

- de decomposição ou de análise



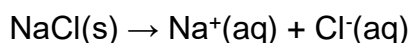
- de síntese ou adição



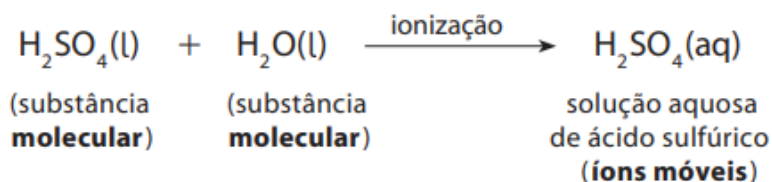
Aqui um texto é apresentado para abordar a história dos conceitos de ácido e de base.

- envolvendo ácidos, bases e sais

- a) Dissociação iônica

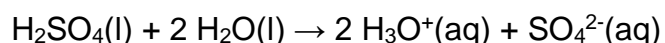


- b) Ionização

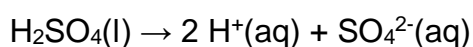


Fonte: Coleção Conexões: matéria e energia, Ed. Moderna, p. 119

Parece-nos que os autores apresentam, acima, uma equação que não está descrita de forma adequada. Acreditamos que as melhores formas seriam:

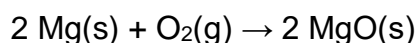


ou



A obra apresenta posteriormente, na explicação sobre ionização, página 120, a equação de ionização do ácido sulfúrico.

- de transferência de elétrons



Uma questão que pode trazer alguma contribuição nesse sentido é apresentada na questão 6 da página 115.

Cascas secas de laranja e limão costumam ser usadas para iniciar a combustão de madeira ou carvão. Os óleos essenciais contidos nessas cascas contêm 90% de limoneno, que é bastante inflamável. A fórmula dessa substância é $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$.

a) Explique por que as cascas têm de estar secas para serem usadas para esse fim.

b) Escreva a equação de combustão completa do limoneno, originando CO_2 e H_2O . (Coleção Conexões, Matéria e Energia, p. 115).

No decorrer do capítulo, alguns exercícios pontuais são disponibilizados, mas nota-se, ainda, uma falta de contextualização na abordagem dos assuntos discutido. Abordagens que fogem ao cotidiano do aluno.

3.1.6 Coleção Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão digital

A Tabela 6 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia - Editora Moderna:

Tabela 6: Dados da Coleção Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia - Editora Moderna

Coleção Diálogo - CN - Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia - Editora Moderna, 1ª edição, 2020 - versão digital	
Código da Coleção:	0196P21203
Código da Obra:	0196P21203135
Título da Obra:	Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia
Autores:	Organizadora: Editora Moderna

	Editora Responsável: Kelly Cristina dos Santos
Unidade 1	Sol
Capítulo 5	Transformações da matéria <ul style="list-style-type: none"> • Transformações químicas • Leis ponderais • Conservação da matéria • Primeira lei ponderal: lei da conservação das massas • Segunda lei ponderal: lei das proporções constantes
Unidade 2	Ciclos Geoquímicos
Capítulo 2	Quantidade de Matéria <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo estequiométrico • Rendimento
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, e 5.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1, 2 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT205, EM13CNT301.

A obra apresenta, no Capítulo 5, os conceitos de transformações da matéria, começando pela transformação física, na qual explora os fenômenos relacionados às mudanças de estados físicos.

Em seguida, os autores fazem uma abordagem das transformações químicas, relacionando-as às reações químicas. Para tanto, utilizam-se, em forma de texto, e por isso não equacionada, a oxidação do ferro (Fe) em óxido de ferro III (Fe₂O₃), que apresenta uma coloração “avermelhada”.

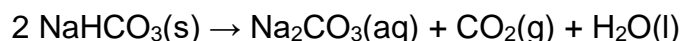
Outras evidências de que houve uma transformação química, além da mudança de cor, apresentadas pelos autores foram: formação de gás, formação de precipitado, mudança de temperatura.

A partir desse ponto, as leis ponderais são apresentadas. A começar pela Lei de Conservação da Massa. No entanto, a obra apresenta uma reação de decomposição do bicarbonato de sódio (NaHCO₃), que ocorre em um sistema fechado para se comprovar a conservação das massas. Para isso, foi apresentada a seguinte reação:



Acreditamos que a equação representada acima não condiz com a realidade, quando se trata de uma decomposição térmica do bicarbonato de

sódio. Entendemos que a reação mais adequada pode ser representada pela seguinte equação química:



É importante destacar que as pesquisas realizadas por Lavoisier eram caracterizadas por sistemas fechados.

A atenção especial de Lavoisier no campo da Química se voltou aos aspectos ponderais, ou seja, aspectos relativos à massa de reagentes e de produtos. Sua constatação mais conhecida é a que a massa de reagentes dentro de um sistema fechado é a mesma antes e depois de uma reação química. (Coleção Diálogos. Terra: um sistema dinâmico da matéria e energia, p. 52).

O interessante é que, ao contrário das outras cinco obras analisadas, os autores sugerem uma contextualização que recebe o título de “preparos de alimentos”, a qual afirma que o maior número de transformações da matéria ocorre “tanto no preparo como na conservação dos alimentos”, ou seja, no preparo de uma receita de modo geral.

Em seguida, é apresentada uma atividade que deve ser realizada em grupo, na qual os alunos irão pesquisar uma receita culinária, de acordo com a região em que residem. No desenvolvimento dessa atividade deveriam elaborar um “roteiro de investigação”, com algumas indagações relacionadas a seguir:

- existe uma razão entre as quantidades dos ingredientes e o número de porções preparadas?
- qual será a quantidade dos ingredientes, caso desejamos obter o dobro ou a metade do alimento final?
- quais evidências que comprovam a ocorrência de transformações químicas e em que momentos elas puderam se observadas. (Coleção Diálogos. Terra: um sistema dinâmico da matéria e energia, p. 54).

Logo em seguida, os autores propõem a análise e a divulgação dos dados em um formato de feira gastronômica, apresentando as transformações físicas e químicas envolvidas no preparo do alimento. Isso é subsidiado pelos seguintes questionamentos:

- que tipos de transformações foram observadas durante a execução da receita?
- todas as transformações são reversíveis? Justifique sua resposta.
- a massa total dos ingredientes se manteve no produto final? Em caso de resposta negativa, quais foram os possíveis motivos para essa alteração?
- como os resultados podem auxiliar pequenos empresários a

organizarem as produções de alimentos considerando a demanda e as finanças? (Coleção Diálogos. Terra: um sistema dinâmico da matéria e energia, p. 54).

Ao final do capítulo um texto oferece um tema para debate: “intensificação do efeito estufa”, fazendo uma referência ao aumento do derretimento das geleiras como o resultado da elevação da temperatura média da Terra, estando diretamente relacionada com o aumento do efeito estufa.

O capítulo 2 da Unidade 2 dessa obra, traz o título de “Quantidade de matéria”, iniciando sua explicação com o preparo de um alimento, como por exemplo, um bolo. Há uma repetição de alguns questionamentos feitos no capítulo 5 da Unidade 1 descrita acima.

- O que aconteceria se dobrássemos as quantidades de ingredientes?
- O que aconteceria se fizéssemos um bolo apenas com a metade da quantidade de farinha indicada na receita? (Coleção Diálogos. Terra: um sistema dinâmico da matéria e energia, p. 73).

Em seguida, com o auxílio da reação geral da fotossíntese os autores realizam um cálculo, por regra de três, para determinarem o número necessário de gás carbônico (CO_2) para se produzir 200 moléculas de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), tomando isso como exemplo para se referir aos “cálculos proporcionais entre reagentes e os produtos de uma reação química”, o que denominaram em seguida de cálculos estequiométricos.

Apresentam, também, o conceito de mol como sendo a quantidade de matéria que apresenta número de unidades elementares igual ao número de átomos contidos em 12 gramas de carbono-12, podendo assim associar o mol a uma massa que pode ser medida em uma balança.

Então, os autores sugerem que o balanceamento seja feito pelo método de tentativa, por entenderem ser uma boa alternativa para a maioria das equações químicas.

Mais uma vez os autores propõem contextualizar o cálculo estequiométrico à resolução de problemas reais nas indústrias químicas, mas que, para isso, seria necessário saber a proporção entre as matérias-primas e a quantidade desejada do produto. No entanto, lembramos que essa não é a realidade para a maioria dos alunos que estão aprendendo cálculo estequiométrico.

Ou seja, a produção industrial não faz parte do cotidiano desses alunos. Lembramos que o Distrito Federal não faz parte de uma região que apresente grandes demandas industriais. Por isso, a realidade de nossos alunos não contempla essa situação.

Ainda, segundo os autores, essa proporção, em geral, entre os reagentes e os produtos possibilita saber as massas envolvidas a partir das massas molares, que podem ser consultadas na tabela periódica.

A obra também apresenta a “relação entre matéria e volume”, que pode ser feita a partir da constante de Avogadro (N_A). Dessa forma, há como se estabelecer o volume ocupado por 1 mol de partículas de um gás, sob uma determinada temperatura e pressão.

Segundo Avogadro, volumes iguais de diferentes gases, na mesma temperatura e pressão, apresentam a mesma quantidade de moléculas, ou seja, $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas. Daí surgiu o conceito de volume molar. (Coleção Diálogos. Terra: um sistema dinâmico da matéria e energia, p. 76).

A seguir utilizaremos a Teoria Fundamentada de Dados para analisarmos os dados que foram coletados a partir das entrevistas realizadas com dez professores de escolas públicas e particulares do Distrito Federal.

3.1.7 Coleção Ser Protagonista - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e transformação - Editora SM, 1ª edição, 2020 - versão digital

A Tabela 7 a seguir apresenta as principais informações sobre a Coleção Ser Protagonista - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e transformação - Editora SM:

Tabela 7: Dados da Coleção Ser Protagonista - Ciências da Natureza e suas Tecnologias: matéria e transformação - Editora SM

Coleção Ser Protagonista - CNT: matéria e transformação - Editora SM, 1ª edição, 2020 - versão digital	
Código da Coleção:	0201P21203
Código da Obra:	0201P21203134
Título da Obra:	Matéria e transformações
Autores:	Ana Luíza P. Nery, Rodrigo Marchiori Liegel e Vera Lúcia Mitiko Aoki
Unidade 1	Reações Químicas
Capítulo 1	Contando átomos e moléculas • Reações químicas • Equações químicas

	<ul style="list-style-type: none"> • Balanceamento de equações • Tipos de fórmulas • Cálculo estequiométrico • Reagente em excesso e reagente limitante
Competências Gerais propostas pelo BNCC:	1, 2, 5 e 7.
Competências Específicas propostas pelo BNCC:	1, 2 e 3.
Habilidades propostas pelo BNCC:	EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302, EM13CNT303, EM13CNT306, EM13CNT307.

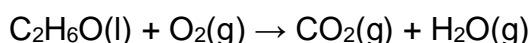
Ao introduzirem o Capítulo 1, os autores fazem algumas perguntas, intituladas “Para começar”, possivelmente para provocar curiosidades nos alunos sobre o conteúdo, conforme descritas a seguir:

1. Como os átomos, os íons e as moléculas reagem entre si?
2. Quais os tipos de reações químicas e como podemos representá-las?
3. As quantidades dos reagentes interferem na reação? De que forma?

Logo nos parágrafos iniciais, os autores ilustram uma contextualização, quando é apresentado o exemplo da proliferação de micro-organismos presentes nos rios, fazendo uma relação disso com a diminuição de gás oxigênio (O₂) dissolvidos em água.

O Capítulo apresenta também, como objetivo, a importância de se “estudar a reatividade das substâncias e de aprender a reconhecer se duas ou mais delas reagem quando colocadas em contato, bem como os produtos formado dessa eventual reação” (p. 16).

Em seguida, ao se referirem às equações químicas, os autores apresentam, como exemplo, a combustão completa do etanol (C₂H₆O) em um motor de automóvel, com uma “possível representação”, conforme equação abaixo:



Da forma como a reação é representada, destaca-se a desigualdade do número de átomos de cada elemento, contrariando, a princípio, a Lei de Conservação de Massas. A partir desse momento, os coeficientes estequiométricos são citados, como números “colocados do lado esquerdo da

fórmula de cada substância para que o total de átomos de cada elemento representado seja o mesmo nos reagentes e nos produtos”.

Na página 17 desta obra, entendemos que os autores apresentam um erro conceitual ao afirmarem que “os elementos químicos encontram-se combinados na natureza por meio de ligações químicas”, conforme a figura a seguir:


Figura 4: Conceituando ligações químicas

DE OLHO NO CONCEITO

As ligações químicas
Os elementos químicos encontram-se combinados na natureza por meio de ligações químicas, que podem ser de três tipos.


- 1. Ligação iônica:** força de atração eletrostática entre íons. Os íons são formados por transferência de elétrons do elemento menos eletronegativo para o mais eletronegativo.

Representação sem proporção de tamanho.




ligação iônica
- 2. Ligação covalente:** força de atração eletrostática entre os núcleos dos átomos e os elétrons por eles compartilhados. As moléculas são formadas por compartilhamento de elétrons entre os átomos.

molécula de cloro (Cl₂)



ligação covalente
- 3. Ligação metálica:** força resultante da atração entre os elétrons e os núcleos dos átomos. Na ligação metálica, os elétrons das camadas de valência formariam um “mar de elétrons” ao redor dos núcleos (teoria do mar de elétrons).



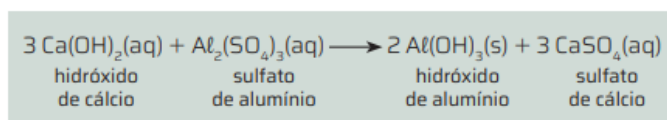
Representação de elétrons deslocalizados ao redor dos núcleos. Cores-fantasia.

Fonte: Coleção Ser Protagonista - CNT: matéria e transformação (p. 17)

Os elementos químicos não realizam ligações químicas, mas são representações de átomos, que por sua vez, realizam tais ligações.

Na sequência, são apresentados alguns exemplos de reações químicas:

a. de metátese (ou permuta), na qual os produtos apresentam baixa solubilidade:



b. de decomposição (ou de análise), que ocorre quando uma substância se transforma em várias outras. Podendo ocorrer por meio de uma pirólise, eletrólise ou fotólise.

Em seguida, após abordarem os tipos de fórmulas (percentual, mínima e molecular), o Cálculo Estequiométrico, propriamente dito, é apresentado com ênfase nos cálculos de massa, de quantidade de matéria e de volume em uma reação química, levando-se em consideração ainda as proporções entre os coeficientes estequiométricos e as relações entre grandezas, conforme a figura:

Figura 6: Relações entre grandezas

$2 \text{ CO(g)} + 1 \text{ O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{ CO}_2\text{(g)}$			
Proporção molecular	2 moléculas	1 molécula	2 moléculas
Proporção em mol	2 mol	1 mol	2 mol
Proporção volumétrica	$2 \cdot 25 \text{ L} = 50 \text{ L (CATP)}$	$1 \cdot 25 \text{ L} = 25 \text{ L (CATP)}$	$2 \cdot 25 \text{ L} = 50 \text{ L (CATP)}$
Proporção em massa	$2 \cdot 28 \text{ gramas} = 56 \text{ g}$	$1 \cdot 32 \text{ gramas} = 32 \text{ g}$	$2 \cdot 44 \text{ gramas} = 88 \text{ g}$

*Condições ambientais de temperatura e pressão (CATP). Nessas condições, é comum considerar o volume molar igual a 25 L/mol. Fonte: Coleção Ser Protagonista - CNT: matéria e transformação (p. 28)

Em seguida, os autores discorrem sobre a proporção entre: as quantidades de matéria, que é estabelecida pelos seus respectivos coeficientes; os números de moléculas, sendo que 1 mol corresponde à $6,0 \times 10^{23}$ “entidades elementares”; as massas e as quantidades de matérias, sendo necessário encontrar as massas molares das substâncias envolvidas na reação química; e o volume de gases e as quantidades de matérias, sendo este detalhado de acordo com a seguinte descrição do livro didático: “

a conversão de unidades na proporção estequiométrica é feita com a substituição de 1 mol de gás pelo volume molar da substância gasosa, nas condições de temperatura e pressão em que ela se encontra. Se o sistema em estudo estiver nas Condições Ambientais de Temperatura e Pressão (CATP), é comum utilizar o volume igual a 25 L/mol, e se, estiver nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)¹⁵, o volume é de 22,4 L/mol. (Nery; Liegel; Aoki, 2021, p. 30).

O Capítulo ainda se estende apresentando o tópico: reagente em excesso e reagentes limitante. O primeiro, está em uma quantidade estequiométrica maior do que os demais reagentes. Enquanto o segundo, seria o oposto. Ou seja, está em uma proporção estequiométrica menor. É o que determina o fim de uma reação pela extinção de um dos reagentes.

¹⁵ Rocha-Filho e Silva (2023, p. 111) sugerem que a nomenclatura mais atualizada é Condições Padrões de Temperatura e Pressão (CPTP), conforme orientação do Comitê de Dados (CODATA), que recomendou ainda, a partir de 2018, que o valor do volume molar seria igual à $V_m = 22,71 \text{ L}$.

3.1.8 Aspectos gerais das obras analisadas

Após dessa análise descritiva das obras acima, faremos uma análise mais ampla abordando aspectos como as analogias e metáforas, a contextualização proposta, os aspectos favoráveis e as limitações identificadas nos livros didáticos. A intenção é apresentar uma visão mais geral daquilo que foi observado.

Para melhor identificação dessas obras utilizaremos a seguinte numeração respeitando a sequência que foi apresentada acima:

Obra 1 - Ciências da Natureza: poluição e movimento - Editora Moderna;

Obra 2 - Coleção Multiversos: matéria, energia e a vida - Editora FTD;

Obra 3 - Coleção Moderna Plus: matéria e energia - Editora Moderna;

Obra 4 - Coleção Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar - Editora Scipione;

Obra 5 - Coleção Conexões: matéria e energia - Editora Moderna;

Obra 6 - Coleção Diálogo - Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia - Editora Moderna;

Obra 7 - Coleção Ser Protagonista: matéria e transformações – Editora SM.

Segundo Andrade *et al.* (2014), quando os autores recorrem ao uso de analogia é porque sentem a necessidade de fazer uma comparação por meio de uma linguagem analógica e, por vezes, com uma linguagem imagética para que haja uma aproximação do domínio com o alvo. Nas Obras 1, 2, 4 e 5, a analogia é utilizada para justificar e demonstrar o balanceamento de uma reação química, por meio da Teoria Atômica de Dalton.

Um outro exemplo de analogia observado nas Obras 4 e 6, refere-se ao ensino de estequiometria, quando a comparação se dá com as proporções em uma reação química com as proporções em uma receita de bolo.

Além disso, a analogia foi usada para se referir à uma contagem “indireta” de um lote de parafusos a partir da massa de um único parafuso (Obra 3); e a

comparação com a quantidade de matéria, mol, com as quantidades “dúzia” e “cento” para configurarem uma determinada quantidade (Obra 4).

Reforçamos que a analogia deve ser usada com sabedoria e cautela para que o professor e o livro didático não sejam conduzidos a erros conceituais produzidos por possíveis obstáculos epistemológicos. Para Lara (2014), o imprevisto no uso de analogia, com pouco embasamento teórico, pode distorcer as diferenças entre ciência e senso comum.

Por outro lado, a contextualização foi apontada em todas as obras através de textos curtos, buscando atrair a atenção do aluno mais interessado, ao mesmo tempo que os livros didáticos apresentavam os conteúdos de cálculo estequiométrico a serem abordados em seus capítulos ou unidades.

Nesse sentido, Mahaffy (2006) vai além ao perceber que a contextualização não se limita apenas aos três níveis conceituais defendidos por Johnstone (2000): o nível macroscópico, o nível submicroscópico e o simbólico. Para Mahaffy (2006), o contexto humano corresponde de que maneira os conceitos químicos, seus processos e suas simbologias, afetam a vida do cidadão.

Quanto aos aspectos favoráveis, as Obras 4, 5, 6 e 7 apresentaram atividades investigativas nas suas abordagens. Algumas mais simples e generosas quanto à quantidade, outras nem tanto. Mas há uma clara tentativa de levar o aluno a refletir sobre determinada situação. Na obra 2, a estequiometria foi apresentada no contexto das Funções Inorgânicas, sendo exemplificadas com suas respectivas reações químicas.

Nessas análises, também identificamos algumas limitações apresentadas em alguns livros didáticos como, por exemplo, uma quantidade excessiva de conteúdo, que exige do aluno muita memorização, restringindo-o a baixos níveis cognitivos, conforme defende Gomes e Macedo (2007).

Diante de tudo isso, acreditamos que a Obra 4 pode ser apresentada como uma boa opção de livro didático, sendo mais adequado para ser utilizado no ensino de cálculo estequiométrico, no contexto do Novo Ensino Médio, pois apresenta uma contextualização, assim como outros, mas que tem um diferencial de disponibilizar atividades investigativas simples e acessíveis.

3.2 Análise dos dados utilizando a Teoria Fundamentada de Dados

Segundo Chizzotti (2003), as pesquisas qualitativas compartilham o pressuposto de que a investigação de fenômenos humanos possui singularidades, sendo possível analisar as pessoas em suas interações sociais, além de atribuir significados a elas. Havia, então, uma clara oposição aos pressupostos quantitativos, que consideram a quantificação uma forma de validade, como vislumbrava as ciências naturais.

Mello e Cunha (2010) defendem que a pesquisa qualitativa deve extrapolar uma mera descrição de resultados, sendo possível explicar o comportamento humano, que condiz com o que é observado na realidade, a partir de uma abordagem sistemática da Teoria Fundamentada de Dados.

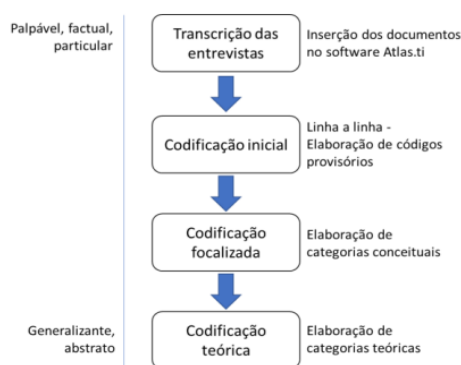
Observa-se aqui uma clara oposição a uma inspiração positivista, utilizada, normalmente, em metodologias quantitativas, que seguem o rigor de verificar uma teoria a partir de procedimentos de quantificação, de modo que a influência do pesquisador seja excluída, pois reduz as relações sociais e humanas em detrimento de dados estatísticos.

Segundo Gasque (2007), a Teoria Fundamentada de Dados foi desenvolvida pelos sociólogos Barney Glaber e Anselm Strauss, em 1960, e publicada no livro *The Discovery of Grounded Theory: strategies for qualitative research* (1967), que apresentou os seguintes objetivos:

O primeiro, proporcionar uma base lógica para a teoria com a intenção de contribuir para “fechar a lacuna entre teoria e pesquisa empírica”. O segundo, propor padrões e procedimentos mais adequados para a descoberta da teoria. E por último, validar a pesquisa qualitativa como método adequado e específico designado para gerar uma teoria. (Gasque, 2007).

Por esse motivo, para analisar as entrevistas utilizamos a Teoria Fundamentada de Dados como um referencial metodológico. Enquanto para auxiliar na análise qualitativa dos dados das transcrições foi utilizado o *software* Atlas.ti®, que ofereceu um suporte na interpretação e na organização dos documentos produzidos. O que pode ser melhor visualizado conforme o esquema a seguir.

Figura 7: Esquema com as principais etapas da TFD utilizadas para a análise de dados



Fonte: Melo (2022, p. 72)

Dessa forma, as transcrições foram examinadas trecho a trecho, sendo realizado, *a posteriori*, um processo de codificação inicial, com o intuito de extrair, a partir da fala dos professores de ensino médio, algumas de suas opiniões e percepções a respeito do ensino de cálculo estequiométrico.

Visando manter o anonimato dos participantes, será utilizada a sigla PPU, para representar os professores de escolas públicas e PPA, para os professores de escolas particulares. Ambos seguidos de um número para as devidas distinções.

Quadro 3: Levantamento de códigos provisórios relacionados às falas dos professores de Química do ensino médio

Professores	Trechos de transcrições	Códigos Provisórios
PPu1	<p>Em relação à problematização eu nunca faço. Porque acho que para problematizar eu demoraria mais tempo. Precisaria de toda uma unidade para que isso se concretizasse. E nem teria certeza disso, na verdade. Se conseguiria atingir meus objetivos, porque envolve mais leitura, estudo, ir atrás de informação, senso crítico, argumentação. Então, quando eu escuto problematiza, eu penso nisso. É um negócio mais complexo (1). E aí o tempo é um fator muito limitante (21).</p> <p>Começo falando dos tipos de transformações (química e física). Exploro mais os conceitos envolvidos, desde equações químicas, definindo reagente e produto. Depois apresento as Leis Ponderais de proporção e de conservação. Isso já é uma base para que eu consiga chegar em balanceamento de equações químicas. Depois introduzo o conceito inicial de cálculo estequiométrico e o objetivo (2).</p> <p>Começo a discutir o cálculo estequiométrico da equação química da formação da água. Mostro para eles a questão das bolinhas usando o Modelo Atômico de Dalton (37).</p> <p>Outra crítica que eu faria à algumas obras é que falta esse resgate em relação às Leis Ponderais. É como se fosse um bloquinho. Você abre o livro didático e tem lá os modelos atômicos. Aí você estuda o primeiro, que é o de Dalton. Depois roda até a metade do livro e encontra cálculos estequiométricos, sendo que conseguimos abordar esse assunto utilizando esse modelo atômico (8).</p> <p>Fiz uma disciplina na UnB, acho que era Didática da Química. Em um determinado momento discutimos sobre a questão das analogias e os cuidados que devemos ter. Por isso, quando vou falar sobre cálculos estequiométricos eu faço o tradicional que é a analogia com uma receita de bolo (17).</p> <p>Era mais uma questão de mol, de regra de 3, que normalmente utilizamos no cálculo estequiométrico (20).</p> <p>Dou alguns exemplos de reações químicas, que são mais utilizadas na Química, que provavelmente eles verão no ensino médio (4).</p>	<p>(1) Abordando a problematização e a contextualização.</p> <p>(2) Abordando Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(3) Abordando o contexto.</p> <p>(4) Mostrando exemplos na introdução de Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(5) Relacionando ao cotidiano.</p> <p>(6) Utilizando o experimento para melhorar o aprendizado.</p> <p>(7) Adotando o Livro Didático do Novo Ensino Médio.</p>

	<p>É importante a coisa do contexto, que muitas vezes, a gente e os livros didáticos passamos batidos nisso e perdemos esse vínculo, de ligar a realidade do aluno com o conteúdo (3).</p> <p>Tem uns que nem estão prestando atenção, de repente levantam a mão e começam a responder, porque está no cotidiano deles (5).</p> <p>Eu busco tentar explicar de forma razoável, a partir dos experimentos, como que é aquilo ali. É claro que existe um nível de abstração envolvido, mas de modo geral, a experimentação auxiliaria bem nesse aspecto (6).</p> <p>Dou uma olhada no livro didático deles, até para não excluir totalmente a obra que eles têm em mãos. Escolho uma questão que possa ser mais interessante. Tento sim, sempre que possível, resgatar o material que eles têm (7).</p> <p>E agora é Ciências da Natureza. Muito problemático. Não gostei. Tanto a parte teórica, quanto os exercícios. São superficiais demais. No Novo Ensino Médio os livros são muito resumidos. Não cobrem todo o conteúdo. Acho que deveria dar oportunidade para aqueles alunos que querem além, de terem acesso à informação (8).</p> <p>Acho que suficiente é uma palavra muito forte. Acho que não. O livro didático é suplemento. Porque o professor é um mediador (9).</p> <p>Eu me baseio por livros didáticos. Só que, normalmente, não é o que eles usam. A parte teórica extraí de outras obras, que julgo serem mais completos (10).</p> <p>Mas por outro lado, já sabemos que a ideia do Novo Ensino Médio, e o próprio nome Formação Geral Básica, já mostra o que eles querem. Então, a carga horária foi bastante reduzida (14).</p> <p>Pois é, agora eu encontro os meus alunos lá na Formação Geral Básica uma vez por semana, por turma. Eu, teoricamente, tenho 90 minutos, mas se contar dá uns 80 ou 75 minutos bruto, porque se for pegar o líquido dá menos (15).</p> <p>Eu tento enumerar. Quando conversei com eles sobre esse assunto, coloquei em uma folha um passo a passo de como fazer o cálculo estequiométrico. Acho que é mais fácil seguir esse passo a passo (18).</p> <p>É preciso o uso das mais variadas questões, mais variados exercícios. Treinar. Passa a ser mecânico mesmo, para que entre na cabeça do aluno (19).</p> <p>Sei que na UnB a análise dimensional é uma maravilha, mas quando a gente chega aqui na experiência com os alunos, percebemos que eles têm essa resistência. Por isso, vão continuar com a regra de 3, por ser mais familiar (20).</p> <p>Tento variar um pouco, nessa questão de cálculo estequiométrico, porque vejo que a maior dificuldade vem da ideia de reagentes terem as mesmas massas dos produtos. Talvez seja uma má compreensão da Lei de Lavoisier (22).</p> <p>O assunto cálculo estequiométrico demanda muita concentração, muito empenho do aluno. São passinhos de formiga, porque é um pré-requisito atrás de outro. Qualquer desatenção isso vai atrapalhar ele mais à frente (23).</p> <p>Tínhamos acabado de voltar do ensino remoto, em meados de 2021, sendo que os alunos estavam com uma defasagem de um ano e meio, perdendo conteúdos (24).</p> <p>A maioria vai ter dificuldade e não vai estar disposta a aprender Matemática (26).</p> <p>Acho que o fato de a proporção estar associada com o ensino de Matemática, isso já arrasta um monte de problemas. Já espirra na gente que é professor de Química (28).</p> <p>Sim, cursei (30).</p> <p>Acho que é um método que ajuda o aluno, porque consegue fazer várias regras de 3, de uma vez só. Colocando as grandezas e os valores em uma linha só. E depois, com as devidas manipulações, consegue encontrar a grandeza necessária, de acordo com o que foi pedido no exercício (31).</p> <p>Mas havia plataformas que eles conseguiam pegar a questão, colocar no <i>site</i> e alguém respondia e eles utilizavam as respostas. Então, além de terem uma boa dificuldade em Matemática, ainda veio esse um ano e meio para aumentar mais ainda esse buraco (33).</p> <p>Quando dei cálculo estequiométrico os alunos estavam vindo de um ano e meio de pandemia. Ainda tive o agravante do aluno estar estudando em casa, com aquela aulinha pelo <i>Google Meet</i>[®], que em uma turma de 40 alunos apareciam 10 ou 12, quando muito. Ou seja, tudo certo para dar errado (34).</p>	<p>(8) Criticando o Livro Didático do Novo Ensino Médio.</p> <p>(9) Utilizando apenas o Livro Didático na abordagem de Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(10) Utilizando o Livro Didático na realidade.</p> <p>(11) Analisando o ensino de Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(12) Analisando o ensino de Cálculo Estequiométrico no Ensino Fundamental.</p> <p>(13) Analisando o ensino de um modo geral.</p> <p>(14) Analisando o Ensino Médio.</p> <p>(15) Criticando o Novo Ensino Médio.</p> <p>(16) Percebendo a analogia e a metáfora no Livro Didático.</p> <p>(17) Utilizando a analogia e a metáfora.</p> <p>(18) Introduzindo roteiro de Cálculo Estequiométrico: passo a passo.</p> <p>(19) Observando a mecanização do ensino de Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(20) Utilizando apenas a regra de 3.</p> <p>(21) Faltando tempo para concluir o conteúdo.</p> <p>(22) Interpretando o problema de Cálculo Estequiométrico.</p> <p>(23) Percebendo a dificuldade na aprendizagem do aluno.</p> <p>(24) Voltando da pandemia: defasagem.</p>
PPu2	A contextualização de cálculos estequiométricos praticamente não vejo. É muito difícil. Não tem (1). Nos livros didáticos do Novo Ensino Médio, nem se fala (8).	

	<p>Começamos com o balanceamento. É o primeiro ponto, que dá um trabalhinho. Aí eu começo com a compreensão de massa, os conceitos de massa para entrar em massa atômica. Depois cálculo de massa molecular. Em seguida, as Leis Ponderais. Procuo não entre muito na questão de como surgiu (2).</p> <p>Muitas vezes, no cálculo estequiométrico, o livro didático coloca a massa atômica como um comparativo da massa do carbono. Dá um exemplo de Lei de Lavoisier, outra de Lei de Proust. Em seguida faz um balanceamento utilizando tudo isso (7).</p> <p>Os livros didáticos antigos tinham muito isso. Cada parte teórica continha exercícios para compreender melhor aquela teoria. Depois adentrava mais o conteúdo, mais exercícios. Aos poucos você ia evoluindo no conteúdo (10).</p> <p>Hoje os exercícios são superdifíceis, pelo pouco de teoria que se viu, ou seja, que não aborda praticamente nada. Esse livro didático atual (Novo Ensino Médio) não tem nada (8).</p> <p>As dificuldades que encontramos em decorrência da política. Eu considero uma política de educação, porque o aluno do Novo Ensino Médio não pode ser reprovado. Os alunos sabem disso. Então, o aluno está muito tranquilo e não vai se esforçar. Sinceramente, não tenho tanta esperança com a educação. Só piora (14).</p> <p>A abordagem é péssima. Não tem, porque é aquela apostila que já coloca os exercícios mais complexos, sendo que a parte teórica não foi trabalhada. Não tem uma construção de raciocínio. A construção de pensamento. Jogo. Pincela. Uma coisa aqui, outra ali, de coisas que, às vezes, não tem conexão (16).</p> <p>Diminui a carga. Então, o tempo que eu tenho para trabalhar o conteúdo é menor. O conteúdo não mudou, sendo praticamente o mesmo (21).</p> <p>Se o aluno não entendeu o que está sendo pedido na questão como é que vai construir o cálculo em cima daquilo? Ainda mais, cálculo estequiométrico, que tem uma lógica. A parte teórica tem que estar bem consolidada para se construir os cálculos, pois praticamente não tem fórmula. Na verdade, ele tem que compreender isso sem fórmula nenhuma (22).</p> <p>Aí você esbarra não só na dificuldade da compreensão dos cálculos, como também na própria leitura. Isso já causa uma confusão. A própria leitura já é difícil (23).</p> <p>Enquanto não se tem aluno fazendo exercícios, quebrando a cabeça, não tem aprendizado. Porque é só com os exercícios que se descobre os seus pontos fracos (26).</p> <p>A notação científica eles têm muita dificuldade. Entender a proporção, um ou outro aluno consegue atentar para isso (28).</p> <p>Não, mas lembro que começou um movimento nesse sentido. Na época já estava saindo da faculdade (30).</p> <p>Não. Não uso. Até fiz um curso de extensão na UnB sobre isso, mas comecei e parei (31).</p> <p>Antigamente, a gente costumava utilizar mais esses textos para falar do dia a dia. Hoje, é muito difícil. Com toda a sinceridade, hoje não dou conta e não faço (36).</p>	<p>(25) Constrangendo os alunos.</p> <p>(26) Percebendo a falta de reciprocidade: professor-professor e professor-aluno.</p> <p>(27) Ensinando matemática.</p> <p>(28) Percebendo as dificuldades do aluno em relação ao raciocínio proporcional.</p> <p>(29) Percebendo o empenho de alguns alunos.</p> <p>(30) Cursos Cálculo Básicos da Química.</p> <p>(31) Utilizando a álgebra de grandezas e a análise dimensional.</p> <p>(32) Percebendo a fragilidade emocional dos alunos pós-pandemia.</p> <p>(33) Percebendo as aulas durante a pandemia.</p> <p>(34) Voltando da pandemia.</p> <p>(35) Realizando a inclusão dos alunos.</p> <p>(36) Utilizando textos de divulgação científica.</p> <p>(37) Tentando solucionar a dificuldade na aprendizagem do aluno.</p>
PPu3	<p>Sempre que vou trabalhar com cálculo estequiométrico começo com alguma prática como, por exemplo, a reação de vinagre com bicarbonato de sódio (6). Mas conforme avançamos em pontos mais complexos (reagente limitante e em excesso ou rendimento), então, começo a sair um pouco do contexto, porque não dá para fazer experimento, vai ficando mais teórico (3).</p> <p>Primeiramente, costumo trabalhar os conteúdos anteriores como, por exemplo, a molécula, para os alunos já saberem a estruturação de como fazer. Depois coloco uma reação explicando o que é uma reação, o que é coeficiente estequiométrico, o que significam os elementos (2).</p> <p>Então, trabalho com a ideia de todos os reagentes e todos os produtos. Aí introduzo as Leis Ponderais de Lavoisier e de Proust. A partir disso, começo a falar de cálculo estequiométrico (2).</p> <p>Costumo fazer uma experiência com os alunos, queimando uma esponja de aço sobre uma balança. Inicialmente, meço a massa e em seguida coloco fogo e vemos que a massa final aumenta. Pergunto sobre a massa a mais, pois normalmente, quando os veem uma queima pensam em uma redução de massa (6).</p> <p>Em relação ao livro didático atual, o conteúdo ficou muito misturado, então, não se cria uma linha lógica para desenvolver o raciocínio do aluno. O livro apresenta apenas as ideias centrais. Se eu pretendo desenvolver algum conteúdo, isso fica muito perdido (8).</p> <p>Não muito. Se entendermos que o livro didático auxilia o professor, então o professor pode tentar mediar isso, pela limitação do livro didático. Por exemplo, uma aluna que esteja de licença maternidade não terá essa mediação, pois estará apenas com o livro didático. Não dá para trabalhar com essa aluna os detalhes que são trabalhados em sala de aula (9).</p>	

	<p>Uso os livros didáticos mais antigos. Os do Novo Ensino Médio eu não leio (10).</p> <p>Para o aluno que não tem facilidade com a matemática, do cálculo estequiométrico, é triste para ele (11).</p> <p>De certa forma, há sim uma lacuna no ensino de cálculo estequiométrico, porque a regra de 3 é matéria de 7º ano (12).</p> <p>Em relação à regra de 3, eu separo um grupo de alunos que tem mais facilidade para ajudarem outros que têm essa dificuldade (20).</p> <p>Eu olho para o cálculo estequiométrico e realmente não sei como vou conseguir explicar isso no Novo Ensino Médio, com apenas 10 aulas por bimestre (21).</p> <p>Vejo que a maior dificuldade é com as unidades, porque a partir de unidade para a mesma unidade, eles conseguem. Mas se for a notação científica, eles já não conseguem (23).</p> <p>Costumo sair um pouco da Química para eles perceberem a ideia de proporcionalidade, para depois voltar para a Química (28).</p> <p>Não lembro se tive essa matéria. Vi por intermédio de colegas que fizeram e que me passaram algumas informações (30).</p> <p>A minha maior dificuldade com eles são as unidades, porque em todas as escolas que atuei os alunos não estão acostumados a trabalhar com unidades. Como já fui aluno da UnB tenho uma ideia de como converter de uma unidade para outra, mas os meus alunos não estão acostumados com unidades, não utilizam unidade para nada (31).</p>	
PPu4	<p>Vamos fazer aqui um material que você utiliza a massa ou o volume. Perceber qual o produto químico está sendo utilizado. Por exemplo, o fermento químico. Então, o que é um fermento químico (1)?</p> <p>A contextualização que tenho observado é que a abordagem se refere ao dia a dia da sociedade. Então, por exemplo, é apresentado uma fonte de energia sendo abordada sob o enfoque do cálculo estequiométrico (5).</p> <p>Gosto de perguntar o que o aluno costuma fazer na cozinha de sua casa. Faz bolo? Então, vamos fazer um bolo (17).</p> <p>Na abordagem do cálculo estequiométrico a preocupação maior na minha metodologia é abordar bem os pré-requisitos. Uma vez ensinando ao aluno os conhecimentos básicos das Leis de Lavoisier e de Proust, as reações químicas e o balanceamento, o cálculo estequiométrico fica mais fácil (2).</p> <p>Gosto muito de usar os experimentos. Inclusive aqui na escola tem um laboratório com uma boa estrutura, que funciona direitinho. Você faz o experimento e começa a buscar dentro do experimento uma reação química como, por exemplo, a produção de oxigênio, de hidrogênio, de gás carbônico. O mais importante é o aluno identificar o fenômeno, sem se preocupar com produção industrial, rendimento, o lado quantitativo, mas sim, o conhecimento básico (6).</p> <p>A abordagem até tem um aspecto positivo por relacionar o cálculo estequiométrico no dia a dia do aluno, que pode acontecer na cozinha ou na sociedade de modo geral. Por exemplo, na hora de fazer um bolo ou sabão (3).</p> <p>Faço a reação química, apresento isso no quadro, equaciono a reação. Relaciono o gás oxigênio com a hemoglobina no sangue, com a produção de fogo. Isso tudo para tentar deixar o aluno mais familiarizado, partindo para a equação química e começando a fazer o trabalho de estequiometria (3).</p> <p>Além de usar os livros didáticos utilizo outras fontes, como os paradidáticos (10).</p> <p>Uma vez ele sabendo as reações químicas familiariza melhor. Familiarizando com as reações químicas e usando a ferramenta matemática, ele se sai bem (11).</p> <p>Inclusive, nesse Novo Ensino Médio estamos trazendo as eletivas e as trilhas. Então, nas eletivas há práticas de laboratório, que os alunos recebem ficando mais fácil dele conciliar, principalmente, no cálculo estequiométrico (14).</p> <p>Não adiante o autor ficar viajando e pegar um minério... Tem que pegar as analogias básicas mesmo, de cozinha, um ácido acético (vinagre), um limão, ou seja, algo ligado com o dia a dia do aluno. Não partir já de um produto industrializado, pelo simples fato de entender que ele, o autor, está lidando com pessoas que estão iniciando um conhecimento (16).</p> <p>No 1º ano, quando leciono cálculo estequiométrico, estudamos os pré-requisitos que são as Leis de Lavoisier e de Proust, reações. A partir das reações o balanceamento e me seguida entremos em cálculo estequiométrico. Isso é mais ou menos o roteiro para chegar em cálculo estequiométrico (18).</p>	

	<p>Fico na regra de 3. É meio que uma zona de conforto (20).</p> <p>O aluno tem essa dificuldade, porque não adianta ficar dando exemplos mirabolantes, que ele não vai captar. O autor de livro didático tem que estar em sintonia para perceber que o aluno está em uma fase “meio” e não no “fim”. Ele está no ensino médio e não em uma universidade (23).</p> <p>É lógico que na Ciência, quando o aluno tem essa busca, ele vai ter dificuldade. Tenho observado uma certa rejeição do aluno na área de exatas, principalmente, por causa da Matemática. Por isso, que ao iniciar o cálculo estequiométrico é necessário dar uma reforçada em Matemática (26).</p> <p>Mas à medida em que o aluno tem o conhecimento básico da matemática para ele fazer o cálculo estequiométrico, ele se baseia nessa linha: conhecer bem e, às vezes, até mesmo a gente passa essa Matemática básica (27).</p> <p>Essa questão de proporcionalidade, de porcentagem, é a maior dificuldade. É onde a coisa pega, porque o professor tem que estar ensinando um conteúdo de fundamental importância, como o cálculo estequiométrico, em que é necessário o aluno estar familiarizado com a matemática básica (28).</p> <p>Na minha época não tinha. Pelo menos, não lembro (30).</p> <p>Falo sobre a álgebra de grandezas e a análise dimensional. Mostro porque mais afrente o aluno pode se deparar com isso. Tento aprofundar dentro das possibilidades dos alunos (31).</p>	
PPu5	<p>Eu gosto dos exemplos industriais, porque é a minha vivência. Eu trabalhei na indústria por muitos anos, então, procuro esse lado (1).</p> <p>Começo com os cálculos químicos, com as grandezas químicas, número atômico, de massa, massa atômica, mol. Depois a reação química. Isso é o início (2).</p> <p>Outro exemplo, é de um remédio, o carbonato de lítio, que é comum para alguns alunos e ao mesmo tempo tem uma estequiometria simples. Vou mais nesse sentido de algum processo de produção (2).</p> <p>Sugeri aos alunos para escolhermos processos industriais em que algumas substâncias do dia a dia. Por exemplo: cloreto de sódio, fosfato de cálcio... essas mais simples. Dessa forma, selecionei dez substâncias e os alunos tinham que pesquisar como a indústria fabrica, quanto de matéria prima eu precisaria para produzir x toneladas, para eles entenderem a importância do processo e que não estaria fazendo cálculo à toa (3).</p> <p>Acho que o cálculo estequiométrico serve mais para os alunos entenderem como funciona o dia a dia de uma indústria. Entenderem que aquelas quantidades têm sentido. Então, quando vou falar disso eu sempre penso na possibilidade de se produzir alguma coisa, no tratamento de água. Eu contextualizo nesse sentido (3).</p> <p>Às vezes, o exemplo do livro didático é ruim. Mas eu tento mostrar para eles que os cálculos ali fazem sentido (8).</p> <p>Então, trabalhar com substâncias do dia a dia, como o adubo, o cloreto de sódio, acho mais claro para o aluno. Procuro sempre o mais simples. Corrosão é muito bom exemplo, porque ele consegue enxergar (5).</p> <p>Só o livro didático não dá. Às vezes, os exercícios são difíceis, ou o exercício pelo exercício, ou o exercício da regra da exceção. O professor tem que analisar todos os casos (9).</p> <p>Uso o livro didático tentando pegar alguma coisa, mas que ele seja determinante. Gosto de usar um paralelo. Preparo minhas aulas, mas acho bom ter o livro didático (10).</p> <p>Porque do jeito que está hoje, acho que não precisa aprofundar o nível de cálculo estequiométrico, mas sim de traduzir o fenômeno. Acho que isso seria o mais importante, nesse momento (11).</p> <p>No 6º ano já se começa a ensinar o conceito de substância, por exemplo. Então, era de se esperar que os alunos chegassem no 1º ano do ensino médio com uma base de Ciências, que poderíamos avançar (12).</p> <p>Aí perguntei: vocês aprenderam isso? Eles responderam que não. Então, acionei a professora de Matemática e ela disse que havia ensinado e que tinha feito exercícios até a letra “z”. Os alunos entram em uma mecanização, mas parece que não resolve (19).</p> <p>Só regra de 3 mesmo. Eu não sei análise dimensional. Não aprendi assim e não aprendi a ensinar dessa forma (20).</p> <p>Não dá tempo. É impossível com uma aula por semana (21).</p> <p>Um outro problema grave do cálculo estequiométrico é a interpretação de texto. Dessa maneira não conseguem saber o que está sendo pedido. Ou seja, não é só a Matemática, mas a interpretação de texto também (22).</p>	

	<p>Um aluno de em entende que a matemática vai ser uma ferramenta para os cálculos de química, mas a grande maioria não consegue achar que ela está ali para ajudar e não para ferrar com eles (23).</p> <p>Os alunos não conseguiam entender a álgebra envolvida. Sentei com o professor de Matemática e apresentei essa necessidade dos alunos. Percebi que o professor estava ensinando relações entre triângulos. Ou seja, os alunos estão com dificuldade de realizarem as quatro operações básicas e o professor de Matemática está preocupado em trabalhar com os triângulos e suas relações (26).</p> <p>Já tenho pouca aula, ainda tenho que dar a aula do colega. Tirar o foco da minha aula para ensinar Matemática para eu conseguir dar a minha aula (27)?</p> <p>Tem um ou outro que entende a proporção e consegue fazer de cabeça. A maioria não sabe nem a tabuada. Estamos nesse nível (28).</p> <p>Não (30).</p> <p>Eu nem sei fazer isso. Não aprendi assim e não aprendi a ensinar dessa forma (31).</p>	
PPu6	<p>Costumo falar de coisas do cotidiano como, por exemplo, a glicose. Demonstro uma reação química com a glicose formando gás carbônico. Vou mostrando coisas que acontecem no dia a dia do aluno, em forma de equação química (5).</p> <p>Para ser sincera, em estequiometria, eu tenho um pouco de dificuldade de relacionar e contextualizar às problemáticas do dia a dia (1).</p> <p>Mas quando dou exemplos falo sobre receitas de cozinha, das proporções que usamos para produzir sabão (17).</p> <p>Começo com o conceito de massa molar, introduzindo o conceito de mol, de medição de átomos e moléculas (2).</p> <p>Não vamos ao mercado para comprar 1000 grãos de feijão, mas sim pacotes de 1Kg. Para comprar uma fruta podemos utilizar a dúzia. Vou falando sobre esses padrões de medidas, que são usados para começar a falar sobre as unidades de medidas de massa e de volume, que são coisas mais do cotidiano deles (5).</p> <p>A gente precisa dos cálculos de Química para medir as quantidades para produzirmos algumas coisas, ver o rendimento, ver o que pode afetar esse valor... Aí introduzo o conceito de mol. Mas é a parte mais difícil, porque é muita ruguinha na testa, quando começo a falar disso (23).</p> <p>Gosto muito de trabalhar com o Modelo Atômico de Dalton, porque com esse modelo eles entendem os rompimentos de ligações... (2).</p> <p>Estou usando apesar de não gostar do livro didático no Novo Ensino Médio (7). É bem ruim, mas me esforço em usar porque sei que é dinheiro público. É o material que eles têm. Até para evitar imprimir muitas cópias (8).</p> <p>Acredito que se deve explorar mais, conversar mais. Se possível, usar algo mais visual (9).</p> <p>Acaba que o nosso tempo é muito corrido. Só tenho um encontro de 1h30 por semana (uma aula dupla), graças ao Novo Ensino Médio. Então, dou aquela pincelada, mas vejo que a maioria na internalizou (15).</p> <p>No livro, do Novo Ensino Médio, que foi adotado, não! Não tem analogias. Tem a matéria e um pouquinho de contextualização no início do capítulo, uma introdução, mas não tem muita analogia, não (16).</p> <p>Gosto muito de explorar a regra de 3, porque você usa não só na Química, mas em outras disciplinas. Acho a regra de 3 muito mais fácil de entender (20).</p> <p>O tempo é muito corrido. Só tenho um encontro de 1h30 por semana (aula dupla), graças ao Novo Ensino Médio. Está muito corrido (20).</p> <p>Com a pandemia deu uma baixada no conhecimento geral, nesses anos que eles ficaram <i>online</i>. Então, eles estão com um pouco de dificuldade de interpretação, de leitura. Com o uso de celulares eles têm ficado mais preguiçosos em relação a isso (22).</p> <p>Eles têm muita dificuldade. Busco conversar com eles sobre os padrões de medidas, que são usados em nosso dia a dia (23).</p> <p>Aí tem os alunos mais focados, que vão para a aula de resolução de questões do PAS. São focados mesmo (26).</p>	

	<p>Tenho eletivas teóricas em que trabalho com resolução de questões do PAS. Aí são alunos mais focado, mais centrados. Só teria (29).</p> <p>Sim (30).</p> <p>Não. Não gosto. Fiz a disciplina por um semestre, mas acho que a regra de 3 é muito mais fácil de entender (31).</p> <p>E com a pandemia deu uma baixada no conhecimento geral, nesses anos em que ficaram <i>online</i>. Então, eles estão chegando com um pouco de dificuldade de interpretação, de leitura. Com o uso de celulares eles têm ficado mais preguiçosos (34).</p>	
PPu7	<p>Além do exemplo da cozinha, de como preparamos certos alimentos, podemos pensar o quanto de gás carbônico uma árvore pode absorver. Algo ligado ao meio ambiente. Aí levanto a discussão: não seria mais barato plantar árvores do que utilizar outras alternativas para esse contexto de mudanças climáticas (1)?</p> <p>No início, costumo fazer um contexto. Em qual situação temos que aplicar a estequiometria (2).</p> <p>Começo falando de como podemos fazer um bolo. Porque tem uma receita com as quantidades necessárias para se ter um bolo (17).</p> <p>Falo de questões climáticas. A queima da gasolina. Tento usar um exemplo que seja mais fácil e próximo possível para não ficar aquele ensino seco, que só joga o conteúdo, depois resolvemos os exercícios. Acho que não ajuda muito (5).</p> <p>Tem que ir para a prática. O conteúdo já é complicado porque tem Matemática e os alunos já têm uma certa aversão à essa disciplina. Então, que não tem facilidade sofre. Em estequiometria, alinhar teoria e prática é fundamental. Não tem como ficar só no quadro (6).</p> <p>Em termos de conteúdo o livro didático tenta ser bem ilustrativo, tem muita coisa visual, mas não consigo ter uma opinião sobre as diferenças em relação a esse material com o material de antes da reforma (7). Porque no colégio militar existe um material, que é uma apostila. Focamos nesse material (10).</p> <p>Já fui professor de graduação e tenho muitas observações como, por exemplo, a deficiência em cálculo estequiométrico dos alunos que chegam na graduação (11).</p> <p>Por isso, que acho importante, a partir do ensino fundamental, eles já terem uma noção de estequiometria. O colégio militar já tem essa prática, ou seja, o ensino de Química começa desde o 6º ano do ensino fundamental. Então, no 8º ano eles já começam a aplicar, ter uma noção do que é um balanceamento. No 6º ano já começam a ver a Lei de Lavoisier, pelo menos. Não usando a Matemática, mas sim usando o raciocínio lógico (12).</p> <p>O Novo Ensino Médio no colégio militar apresenta estruturas muito próximas das disciplinas das escolas particulares. É oferecido no contraturno. Existe um rol de disciplinas e no matutino a parte obrigatória (14).</p> <p>Vejo com muita preocupação essa redução nas escolas da Secretaria de Educação. Como é que se consegue dar cálculo estequiométrico em uma ou duas aulas? Você precisa de, no mínimo, duas semanas. É a contramão do que é necessário (15).</p> <p>É claro que a repetição também ajuda, mas tem que ter algo a mais, algum experimento (19).</p> <p>É puramente regra de 3. Os professores que conheço também não usam a análise dimensional (20).</p> <p>O aluno não sabe interpretar. Acho que um outro ponto na estequiometria é a interpretação. A maioria não consegue interpretar uma questão (22).</p> <p>O cálculo estequiométrico, no ensino médio, é muito difícil. A palavra estequiometria parece um palavrão (23).</p> <p>Acho que eles não sabem aplicar. Na hora de fazer o cálculo, utilizando a massa molar ou utilizando a Constante de Avogadro eles empacam (28).</p> <p>Não. Isso só fui ter contato há 2 anos, porque eu estava estudando em um livro que não tinha nenhum cálculo por regra de 3, só por análise dimensional. Dependendo do exercício não consigo chegar no final (30).</p> <p>Não. É puramente regra de 3.</p>	
PPu8	<p>Em cálculo estequiométrico uso uma receita, porque aí envolve tudo. Primeiro, eles têm que entender a equação, o que está acontecendo para depois se envolverem com cálculo (2).</p>	

	<p>Então, se vamos fazer uma receita de bolo, seguimos uma proporção constante. Se queremos o dobro da receita, vamos dobrar... eles têm que ter essa noção (28). Como se fosse uma receita de bolo mesmo (17).</p> <p>Conversão de unidades de quilograma para grama? Não sabem fazer. Como vão entender cálculo estequiométrico se não sabem isso (23). Se não voltar na matemática... O problema do cálculo estequiométrico é o raciocínio, que é muito difícil (28).</p> <p>Eles têm que ter essa noção de que os átomos só se rearranjam. Como um quebra-cabeça, em que você monta uma nova figura com as mesmas peças (17).</p> <p>Outra coisa, os átomos se conservam. Não tem perda de material. A massa que se tinha no início, vai ser a mesma do final, se o sistema for fechado. Os alunos têm que ter essa noção para poderem começar a interpretar o cálculo estequiométrico (4).</p> <p>Às vezes, o conteúdo de Química é muito abstrato. Os alunos não conseguem essa aplicação no dia a dia. Eles separam. Parece que o livro didático está fora da realidade. Tudo tem cálculo estequiométrico, mas os alunos, os livros didáticos e as aulas separam da realidade (5).</p> <p>Tenho turmas mistas. Umam estão vendo Química e outras, não. Por isso, faço práticas aleatórias que estejam, de certa forma, relacionados aos conteúdos de 1º ano (6).</p> <p>Uso os livros didáticos clássicos: Tito e Canto, Martha Reis (10). O livro didático do Novo Ensino Médio é horrível. Não tem todo o conteúdo. Os exercícios selecionados são horríveis. Por isso, continuo seguindo os clássicos (8).</p> <p>Já mudei muito a minha abordagem. A minha formação foi muito tradicional. Eu era bem mais conteudista, hoje consigo dar o essencial (11).</p> <p>O menino que chega com uma defasagem de 9 anos de escola, vai ser empurrado no ensino médio. A gente tem que tentar melhorar o ensino fundamental no Brasil. Estamos em uma transformação de cima para baixo, mas a base está embaixo (12).</p> <p>Atualmente, com o Novo Ensino Médio, está mais fraco ainda (16).</p> <p>Eu sempre falo de análise dimensional, mas ainda prefiro a regra de 3 (20).</p> <p>Vou ter que fazer mágica. Dar o essencial. O fundamental. Mas o que é fundamental? Só tenho uma aula dupla por semana (21).</p> <p>Os alunos têm tanta dificuldade de interpretação, que a linguagem para eles deveria ser mais simples (22).</p> <p>Na minha opinião é a matéria de maior dificuldade no ensino médio para os alunos (23).</p> <p>Além dos alunos virem da pandemia com uma defasagem em Matemática maior ainda. Não. Sempre tiveram. Não me venha falar que a pandemia estragou. Não (24).</p> <p>Como dei aula de Matemática para o 6º ano, do ensino fundamental, vejo que é muito difícil recuperar um aluno que já chega 'bem estragado'. Com muito esforço ainda se consegue recuperar. No ensino médio é quase impossível (27).</p> <p>Então, se você vai fazer uma receita, segue uma proporção constante, se quer o dobro da receita, vai dobrar... eles têm que ter essa noção. Como se fosse uma receita de bolo (28).</p> <p>Nunca tive uma disciplina para isso não (30).</p> <p>Conversão de unidades? Não sabem fazer. Não têm noção de proporção. Sempre falo de análise dimensional, mas prefiro regra de 3 (31).</p>	
PPa1	<p>Os livros didáticos tentam trazer. Pelo menos o meu traz uma receita. Da mesma forma como eu faço. Trago uma receita. Algum alimento. Só que o livro didático não explora com muita didática. Fica muito na parte técnica. Aí tenho que aproximar muito bem, muito detalhadamente, esse cálculo estequiométrico (1).</p> <p>De cabeça não tenho outro exemplo, só o bolo. Porque o cálculo estequiométrico é, literalmente, uma receita, né? Então, a gente consulta uma receita básica, que seria o nosso caderno de receitas, que é a equação balanceada. Transformamos essa receita para o que a gente quer (17).</p> <p>Os alunos têm uma defasagem muito grande em relação à matemática. A falta da facilidade com que eles fazem relações de proporção. Isso atrapalha bastante (28).</p> <p>Tento começar sempre ensinando as grandezas que eles têm que aprender: mol, massa, quantidade de moléculas, de átomos, de íons e volume (2).</p>	

	<p>Depois trabalho toda a transformação de uma grandeza em outra. Sempre e bastante. Até eles pegarem bem isso. Em seguida trabalho as Leis ponderais de Lavoisier e de Proust, que estão diretamente relacionadas aos cálculos estequiométricos (2).</p> <p>Tento fazer uma analogia com eles, desde a Lei de Proust, como se precisássemos fazer uma receita de bolo ou de pão de queijo. Se temos uma receita para trinta pães de queijo e precisamos fazer mais. Então, o que fazemos (17)?</p> <p>Mostro para eles que a gente consegue fazer essas relações com unidades de medidas diferentes, partindo de equações químicas (31).</p> <p>Quando vou utilizar 5 Kg de ingredientes para fazer pão não terei um pão com 5 Kg. Tento fazer com que eles entendam, que uma coisa é estar em um sistema fechado, outra coisa é estar na realidade. Se eu sinto cheiro do pão, já não vou produzir um pão com 5 Kg. Eu tento trazer isso para eles tentando provar que mesmo assim a massa se conserva (5).</p> <p>Na minha opinião é muito difícil explicar cálculo estequiométrico por escrito. Talvez você tivesse que escrever um livro muito grande para se escrever o passo a passo. Então, uso mais para exercícios. Claro que eles podem consultar o que eles quiserem, mas uso o livro para a resolução de exercícios (9).</p> <p>Mas é muito difícil para o aluno entender o que é mol, porque eles confundem o mol com moléculas (11).</p> <p>Acho que o problema do livro didático é a transmissão do conhecimento técnico. Não é o uso de analogias e de metáforas. É porque não está sendo didático para transferir o conhecimento, pois está preocupado em mostrar a parte técnica (16).</p> <p>Falta, então, eles entenderem o que eu prezo com eles. Falo para seguirmos esse método aqui. E eu explico o método. Não só falo para seguir o passo a passo. Eu falo os porquês. Por que você faz isso? Por que você coloca a unidade mol desse lado e mol do outro (18).</p> <p>Às vezes, os alunos sabem fazer, mas não sabem porque estão fazendo. É uma coisa meio mecanizada (19).</p> <p>Porque assim vão fazer a relação... eles fazem uma setinha para baixo etc, aí fazem só a montagem da proporção, regra de 3 ali... (20).</p> <p>Acho que teria que focar mais na base antes de partir para o cálculo estequiométrico. Na base das transformações de conhecimentos transformações de grandezas, entendendo que aquilo lá é a mesma coisa em linguagens diferentes (22).</p> <p>É muito difícil para o aluno entender o que é mol, porque eles confundem mol com moléculas (23).</p> <p>Principalmente, depois da pandemia, que percebemos todos os desafios. O livro didático faz inferências e o aluno, nesse estágio inicial, precisa de tudo muito certinho (24).</p> <p>Eu explico tudo isso. Tenho que dar uma miniaula de Matemática para eles entenderem (27).</p> <p>Eu faço uma construção. Os alunos têm uma defasagem muito grande em relação à Matemática. A falta da facilidade com que eles fazem relações de proporção. Isso atrapalha bastante (28).</p> <p>Não tive (30).</p> <p>Eu mostro para eles que a gente consegue fazer essas relações com unidades de medidas diferentes. Faça uma coisa mais elementar (31).</p>	
PPa2	<p>Vou à internet pego um exercício, com uma questão de nível de dificuldade baixa. É legal o menino pegar e já começar a entender a fazer a primeira questão e acertar. Aí ele fica animado (2).</p> <p>Mas aí é pela reação química mesmo. Só o aspecto macro, visual. Vemos ali uma mudança de cor, um estampido, um desprendimento de gás, um aquecimento sem fonte externa. Nessa dinâmica o aluno vai se interessando (6).</p> <p>A coisa evolui quando trabalhamos com amostras impuras, rendimento parcial. Quando utilizamos esse mecanismo a coisa vai ficando mais grosseira. Mexer com esses cálculos, com as contas, em uma dinâmica de balanceamento, de transformação química. Aí o negócio arrocha (28).</p> <p>A química e suas conexões. Sempre fazemos associações com o dia a dia, com as coisas do cotidiano, as coisas concretas (5).</p> <p>Acho que o Novo Ensino Médio está fadado a acabar. Está afastando o jovem, principalmente, da escola pública. O de periferia do noturno. Está ficando simplesmente sem poder de competição, sem poder de acesso a uma universidade pública. Como sempre. Ou seja, afasta jovens de escolas diferentes, com o poder de competição diferente. Eu tenho essa avaliação (14).</p>	

	<p>Uso bolinhas clássicas de isopor para falar sobre a molécula. Faço isso desde a pequenininha, fazendo analogia ao átomo de hidrogênio, de acordo com o Modelo Atômico de Dalton (17).</p> <p>Então, essas bolinhas fazem parte de uma etapa inicial, antes de abordar os cálculos (2).</p> <p>Depois que o aluno percebe que átomos têm massa, que átomos diferentes têm massas diferentes, começamos a colocar símbolos e apresentamos o mol. Aí o drama fica gigantesco, por conta da potência de dez, da dificuldade natural que o aluno tem na matemática (23).</p> <p>A matemática é uma ferramenta adicional, mas pela dificuldade, preciso estudar as propriedades de potência com eles. Para chegarem em cálculos estequiométricos os alunos já fizeram transformações de unidades de massa, de volume, de pressão. Já fizeram um <i>tour</i> por toda essa carga matemática, que a Química precisa nessa hora (27).</p> <p>Jogamos as caveirices que a Química tem nessa parte de cálculos estequiométricos, que eu julgo, talvez, a parte mais crítica, mais chatinha, em todo o ensino médio deles (27).</p> <p>O caderno dá uma cadência interessante. Então, eu estímulo que eles anotem. Para anotarem eu faço um esquema no quadro, com os conceitos, as definições dos assuntos que estão associados (24).</p> <p>Então, deixo bem preparado o terreno para fazermos exercícios. Muitos exercícios, utilizando os exercícios do livro didático (10).</p> <p>Aí você joga essas informações associadas à massa, à quantidade de matéria, à quantidade de moléculas, volume. Tudo isso, em uma dinâmica chamada reação química, que precisa ser balanceada. Mas o livro didático tem o cuidado de mostrar como se faz o balanceamento (9).</p> <p>Antes da virada do Novo Ensino Médio a gente utilizava a edição da Moderna do Tito e Canto. Depois esse livro ficou meio cansativo, mas era uma abordagem muito legal que eles usavam. Depois passamos para a Saraiva, do Usberco e Salvador, volume único, por uma questão econômica e social (10).</p> <p>O estudante está se forma e com resistência a criar uma forma legal. Isso traz dificuldades, porque ele não quer aprender, mas ele tem dificuldade. Ele está sem paciência para aprender. Ele quer aprender de forma muito imediata e isso tudo traz a essência da dificuldade em Química (13).</p> <p>A dinâmica de trabalho é tentar fazer com que o aluno tenha o exercício como rotina, a cada aula tenha um exemplo e um exercício para ele tentar fazer. Tem a aula, tem o exemplo e tem o exercício para ele tentar fazer. Depois tem uma aula de exercícios daquele material que foi acumulado (18).</p> <p>Trabalhamos com a plataforma lônica, que é meio fraca, não dá um estímulo maior à investigação, à curiosidade, ao crescimento. É uma coisa meio mecânica, estilo cursinho (19).</p> <p>Eu estímulo que o aluno adote a regra de 3 simples, associado ao conteúdo da proporção (20).</p> <p>Por muito tempo ficamos com 3 aulas por semana, mas com o Novo Ensino Médio perdemos uma. Então, temos que trabalhar nessa chapa quente (21).</p> <p>A complicação é nítida. O aluno não saber ler matematicamente. Ele não sabe ler literalmente, pois não consegue entender o que está sendo pedido. Aí o grau de dificuldade é gigantesco. Quando vai montar uma operação, monta de qualquer jeito (22).</p> <p>Coisas básicas de Lavoisier e de Proust e metade da turma erra. Isso é desesperador (23).</p> <p>É desesperador. A dificuldade é histórica. Vivemos um momento onde a gente está retornando da pandemia, que tem uma defasagem, que alguns especialistas já projetam que vamos levar de 4 a 5 anos para realinhar esses alunos, pós-pandemia (24).</p> <p>Quando o conceito é muito simples eu jogo para eles a responsabilidade: você vai errar isso aí, jovem? Você vai conseguir errar isso aí (25)?</p> <p>Às vezes, já se passou um mês, o aluno faz uma pergunta lá do 1º dia mostrando que não teve um crescimento, mas não deixa de ser uma reciprocidade com o seu trabalho (26).</p> <p>A nossa dificuldade é homérica. Porque o tempo inteiro tenho que dar aulas de Matemática (27).</p> <p>A gente tem sempre na sala um aluno que questiona mais, que quer mais. Então, você precisa equalizar esse que está lá no topo e trabalhar com os medianos (29).</p> <p>A gente tem um emocional de aluno que chora na sala de aula, que você percebe e se pergunta: o que está acontecendo com essa geração? Isso acontece direto. Mas é o menino do ensino fundamental? Não, isso acontece com o menino do ensino médio também. Sofrimento emocional. Isso tem atrapalhado muito (32).</p>	
--	--	--

	<p>Então, a gente está com muito meninos ali com dificuldades extremas. Eu sempre achei encantador o instituto da inclusão. Inclusão pela deficiência, mesmo que intelectual... recebemos alunos com síndrome de <i>down</i>... temos que fazer uma adaptação de trabalho no dia a dia. Atendemos grupos com essa grande heterogeneidade. Tomo aqueles com adaptação relativa, uns com adaptação extrema, os que não têm laudo, mas que têm dificuldade por conta da forma os meninos resolveram viver a vida... (35).</p> <p>A gente usava os textos da UnB, de divulgação científica, para o menino passar na peneira, passar no crivo (36).</p>	
--	--	--

Para Melo (2022),

Esses códigos iniciais são transformados em categorias provisórias, de modo que, para cada segmento de dados, é fornecida uma denominação concisa empregando o gerúndio, que resume e representa aqueles trechos transcritos. (Melo, 2022. p. 76, adaptado).

Com o auxílio do *software* Atlas.ti® foram listados, *a posteriori*, 40 códigos iniciais, sendo que alguns foram lançados de forma genérica e que, por esse motivo, provavelmente, não serão considerados na análise dos dados. São eles:

1. Aleatório, com 32 citações, que não se encaixavam ao objeto de pesquisa dessa dissertação;
2. Comparação da UnB com a UNICAMP, com 3 citações;
3. Lei Ponderal, com 1 citação. Apesar do nome ser coerente ao objeto de pesquisa dessa dissertação a citação faz referência a uma possível mudança de nomenclatura desse conteúdo.

Os 37 códigos iniciais restantes, que surgiram *a posteriori*, foram agrupados, a princípio, conforme as hipóteses levantadas nesta dissertação, sendo classificadas como Grupos de Códigos. Como consequência, cada Grupo de Códigos gerou um campo denominado Códigos Conceituais. No entanto, é importante destacar que as hipóteses 1 e 3, pelas suas abrangências foram subdivididas em mais de um Grupo de Códigos, como se pode perceber a seguir:

No que se refere à ausência da contextualização e da problematização nos livros didáticos, bem como nas salas de aula dos professores, pode contribuir para a não apropriação dos CE, foram atribuídos os seguintes códigos conceituais (Quadro 4).

Quadro 4: Códigos provisórios e conceituais relacionados à ausência de contextualização e problematização nos livros didáticos e nas aulas dos professores

Códigos Provisórios	Códigos Conceituais
1. Abordando a problematização e a contextualização 2. Abordando Cálculo Estequiométrico 3. Abordando o contexto	A abordagem da problematização e da contextualização no

4. Mostrando exemplos na introdução de Cálculo Estequiométrico 5. Relacionando ao cotidiano 6. Utilizando o experimento para melhorar o aprendizado	ensino de Cálculo Estequiométrico
7. Adotando o Livro Didático do Novo Ensino Médio 8. Criticando o Livro Didático do Novo Ensino Médio 9. Utilizando apenas o Livro Didático na abordagem de Cálculo Estequiométrico 10. Utilizando o Livro Didático na realidade	O uso dos Livros Didáticos
11. Analisando o ensino de Cálculo Estequiométrico 12. Analisando o ensino de Cálculo Estequiométrico no Ensino Fundamental 13. Analisando o ensino de um modo geral 14. Analisando o Ensino Médio 15. Criticando o Novo Ensino Médio	O ensino de Cálculo Estequiométrico

Quanto ao uso de metáforas e analogias no ensino de cálculo estequiométrico, chegamos ao código conceitual apresentado no Quadro 5.

Quadro 5: Códigos provisórios e conceituais relacionados ao uso de metáforas e analogias

Códigos Provisórios	Código Conceitual
16. Percebendo a analogia e a metáfora no Livro Didático 17. Utilizando a analogia e a metáfora	A utilização da metáfora e da analogia nas aulas e nos Livros Didáticos

Também abordamos a dificuldade dos alunos no desenvolvimento do raciocínio proporcional, que por sua vez no levou aos códigos conceituais a seguir (Quadro 6).

Quadro 6: Códigos provisórios e conceituais relacionados ao desenvolvimento do raciocínio proporcional

Códigos Provisórios	Códigos Conceituais
18. Introduzindo roteiro de Cálculo Estequiométrico: passo a passo 19. Observando a mecanização do ensino de Cálculo Estequiométrico 20. Utilizando apenas a regra de 3	A mecanização no ensino de cálculo estequiométrico
21. Faltando tempo para concluir o conteúdo 22. Interpretando o problema de Cálculo Estequiométrico 23. Percebendo a dificuldade na aprendizagem do aluno 24. Voltando da pandemia: defasagem	As dificuldades no aprendizado de Cálculo Estequiométrico
25. Constrangendo os alunos 26. Percebendo a falta de reciprocidade: professor-professor e professor-aluno	O relacionamento entre professores e alunos
27. Ensinando matemática 28. Percebendo as dificuldades do aluno em relação ao raciocínio proporcional	As dificuldades no ensino de cálculo estequiométrico envolvendo o raciocínio proporcional
29. Percebendo o empenho de alguns alunos	O empenho de alguns alunos no processo de ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico

Outro ponto, que entendemos ser importante, se refere ao desconhecimento por parte dos professores sobre a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional.

Quadro 7: Códigos provisórios e conceituais relacionados ao uso de álgebra de grandezas e análise dimensional

Códigos Provisórios	Código Conceitual
30. Cursou Cálculo Básicos da Química 31. Utilizando a álgebra de grandezas e a análise dimensional	O uso de Álgebra de Grandezas e Análise Dimensional no ensino de Cálculo Estequiométrico

Em relação a este último ponto, analisando as citações transcritas, a partir das entrevistas, foi possível criarmos um quadro que aponta os professores que cursaram a disciplina Cálculos Básicos da Química, oferecida pela Universidade de Brasília, ou uma disciplina equivalente oferecida em outra instituição de ensino superior.

De acordo com Rocha-Filho e Silva (2023), esta disciplina trata exatamente da maioria dos cálculos químicos mais simples utilizados no dia a dia em laboratórios e em salas de aulas. Por isso, pode ser extensiva aos alunos de ensino médio ou curso técnico de Química.

A partir daí, foi possível constatar quantos professores, efetivamente, utilizam essa ferramenta, de Álgebra de Grandezas e Análise Dimensional, em sala de aula.

Quadro 8: Relação dos professores entrevistados que cursaram Cálculos Básicos da Química (CBQ) e os aplicam em sala de aula

Professor	Cursou CBQ		Utiliza em sala de aula	
	Sim	Não	Sim	Não
PPu1	•		• ¹⁶	
PPu2		• ¹⁷		•
PPu3		• ¹⁸		•
PPu4		•		•
PPu5		•		•
PPu6	•			•

¹⁶ O professor PPU1 utilizou a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional pela primeira vez em 2020 ao ingressar na Secretaria de Estado de Educação do DF. Declarou ainda que utilizaria no ano de 2023.

¹⁷ A professora PPU2 não chegou a cursar a disciplina na sua graduação, mas participou de um curso de extensão oferecida pela UnB há mais de 15 anos.

¹⁸ O professor PPU3 tomou conhecimento da Álgebra de Grandezas e da Análise Dimensional por intermédio de colegas de curso.

PPu7		• ¹⁹		•
PPu8		•		•
PPa1		•	•	
PPa2		•		•

Fonte: elaborado pelos autores

Ainda analisando as citações e elaborando os Códigos Iniciais, a *posteriori*, percebemos a necessidade de discutirmos outros dois pontos, que surgiram nas entrevistas dos professores, de uma maneira significativa. Um no que se refere ao aspecto emocional do aluno e outro relacionado ao esforço do professor, como descritos a seguir:

Quadro 9: Códigos provisórios e conceituais relacionados aos aspectos emocionais de alguns alunos

Códigos Provisórios	Código Conceitual
32. Percebendo a fragilidade emocional dos alunos pós-pandemia 33. Percebendo as aulas durante a pandemia 34. Voltando da pandemia	A percepção dos professores sobre a fragilidade emocional, pós-pandemia, de alguns alunos

Quadro 10: Códigos provisórios e conceituais relacionados ao esforço do professor

Códigos Provisórios	Código Conceitual
35. Realizando a inclusão dos alunos 36. Utilizando textos de divulgação científica 37. Tentando solucionar a dificuldade na aprendizagem do aluno	A tentativa dos professores em melhorar o ensino de Cálculo Estequiométrico

Neste capítulo, discutiremos os resultados obtidos de acordo com a análise dos instrumentos que foram utilizados nessa pesquisa, com o intuito de refletirmos sobre o problema de pesquisa apresentado, assim como, subsidiar o que nos propusemos investigar a respeito do ensino de Cálculos Estequiométricos.

Na tentativa de detalhar e aprofundar a discussão dos objetos de pesquisa dessa dissertação foram formulados questionamentos, que chamamos de perguntas de reflexão, que acreditamos ajudar nesse processo de análise. Charmaz (2009) se refere a essas perguntas como questionamentos norteadores.

¹⁹ O professor PPU7 conheceu a abordagem da Álgebra de Grandezas e da Análise Dimensional há 2 anos através do livro Cálculos Básicos da Química. Declarou ainda ter dificuldades sobre o assunto.

Para cada Código Inicial foram feitas indagações conforme as transcrições realizadas a partir das entrevistas dos professores que participaram dessa pesquisa.

Quadro 11: A abordagem da problematização e da contextualização no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de reflexão
A abordagem da problematização e da contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico	Como o professor costuma abordar a problematização e a contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual(is) a(s) vantagem(ns)/desvantagem(ns) de se utilizar a problematização e a contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico? Como os Livros Didáticos abordam a problematização e a contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a importância/necessidade na utilização de experimentos no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a importância/necessidade de abordar o cotidiano do aluno no ensino de Cálculo Estequiométrico? Que críticas são feitas ao Livro Didático do Novo Ensino Médio?

Em sua entrevista, o professor PPU1 relata não perceber a presença de problematização nos Livros Didáticos que adota no planejamento das aulas, mas que em uma ou outra questão está presente a contextualização, no ensino de Cálculo Estequiométrico. Como por exemplo, a síntese da amônia, no capítulo de um determinado Livro Didático, relacionando-a à questão do uso de fertilizante, bem como sua produção industrial. Além de trazer todo um contexto histórico e geográfico que envolveu essa síntese.

De maneira incisiva, o professor PPU1 afirmou não trabalhar a problematização, em sala de aula, pela simples falta de tempo. Tempo este necessário no desenvolvimento, de maneira satisfatória, desse processo.

Ressalta-se que a carga horária disponibilizada para a disciplina de Química no Novo Ensino Médio foi diminuída pela metade. Se antes o professor dispunha de 4 horas/aula, por semana, agora tem, à sua disposição, apenas 2 horas/aulas na chamada Formação Geral Básica, conforme Figura 5 a seguir:

Isso pode ser corroborado com a Matriz Curricular do Ensino Médio no Distrito Federal apresentada pelo Plano de Implementação do Novo Ensino, conforme ilustração a seguir.

Figura 8: Matriz Curricular da Formação Geral Básica do Novo Ensino Médio do Distrito Federal

PARTE 1 - FORMAÇÃO GERAL BÁSICA - FGB													
ÁREAS DO CONHECIMENTO		FASE 1						FASE 2					
		1ª Série			2ª Série			3ª Série					
Linguagens e suas Tecnologias	Língua Portuguesa	4			4			4					
	Educação Física	1			1			1					
Matemática e suas Tecnologias	Matemática	3			3			3					
		8			8			8					
ÁREAS DO CONHECIMENTO		FASE 1						FASE 2					
		1ª Série			2ª Série			3ª Série					
		1º Semestre		2º Semestre		3º Semestre		4º Semestre		5º Semestre		6º Semestre	
		Oferta A	Oferta B	Oferta A	Oferta B	Oferta A	Oferta B	Oferta A	Oferta B	Oferta A	Oferta B	Oferta A	Oferta B
Linguagens e suas Tecnologias	Arte	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2
	Língua Inglesa	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-
Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Biologia	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2
	Física	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Química	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2
	Filosofia	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Geografia	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-
	História	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Sociologia	-	2	2	-	-	2	2	-	-	2	2	-
	Total de horas-aula semanais da FGB		16	18	18	16	16	18	18	16	16	18	18
Total de carga horária da FGB		1.700 horas											

Fonte: Plano de Implementação do Novo Ensino Médio do DF (p. 45)

Com isso, o professor PPU1 faz o seguinte desabafo:

[...] em relação a problematização, eu não faço, porque acho que problematizar demoraria mais tempo. Precisaria de toda uma unidade para que isso se concretizasse. E eu nem teria certeza disso, na verdade. Se isso iria se concretizar. Se eu conseguiria meus objetivos, porque envolve mais leitura, estudo, ir atrás de informação, senso crítico, argumentação. Então, quando eu escuto a palavra problematizar, eu penso nisso tudo. É um negócio mais complexo. E aí o tempo é um fator limitante. (grifos nossos).

Provavelmente, essa adequação da carga horária seja o ponto mais crítico do Novo Ensino Médio. Nesse contexto, as disciplinas tradicionais, como Química, Física e Biologia, entre outras, dão espaço à área de conhecimento denominada Ciências da Natureza e suas Tecnologias, neste caso.

Já a professora PPU2 disse ser muito difícil ver a contextualização de Cálculo Estequiométrico nos Livros Didáticos mais antigos. Nos Livros Didáticos do Novo Ensino Médio a questão é ainda pior, segundo ela: “não tem! Isso não existe!”. Em contrapartida, o professor PPA1 defende que o Livro Didático adotado na escola em que leciona traz uma receita de bolo como uma tentativa de contextualização. Além disso, defende que:

[...] o Cálculo Estequiométrico é literalmente uma receita. Então, a gente consulta uma receita básica, que seria o nosso caderno de receitas, que é a equação balanceada. Aí a gente transforma essa receita para o que a gente quer. (PPA1).

O professor PPU7, ao abordar o ensino de Cálculo Estequiométrico, tenta ligar situações do dia a dia na tentativa de estabelecer uma contextualização,

mas que isso não seria um processo fácil. Para ele, isso se deve porque o conteúdo de Cálculo Estequiométrico é tão extenso que dificulta uma conexão de onde ele pode ser utilizado.

Assim como o professor PPa1, o professor PPU7 entende que o preparo de alimentos na cozinha contextualiza o ensino de Cálculo Estequiométrico. No entanto, o professor PPU7 traz à discussão uma contextualização interessante:

“podemos pensar o quanto uma árvore pode absorver de CO₂. O que já é algo ligado ao meio ambiente. Podemos discutir porque é mais barato plantar do que utilizar outras alternativas para esse contexto de mudanças climáticas. A partir daí abordo essas mudanças climáticas. A queima da gasolina. Então, tento usar exemplos que sejam mais fáceis e próximos possíveis para não ficar aquele ensino seco, que só joga o conteúdo e depois resolvemos exercícios. Assim, acho que não ajuda muito”.

Os professores PPU3 e PPU5 acreditam que a contextualização nos Livros Didáticos é razoável. Alguns Livros Didáticos apresentam fármacos, que são relativamente acessíveis aos alunos, como por exemplo, o carbonato de lítio, Li₂CO₃, que é utilizado por alguns alunos, segundo o relato da professora PPU5. Além disso foi trazido o exemplo da estequiometria utilizada na indústria, por ser mais simples, sendo possível a observância do Cálculo Estequiométrico no processo de produção.

As professoras PPU6 e PPU8 relataram, também, utilizar as “receitas de cozinha” para contextualizarem o ensino de Cálculo Estequiométrico. Exemplificado pela fala da professora PPU6:

“eu falo sobre receitas de cozinha, das proporções que a gente segue na receita, das proporções que a gente usa para produzir um sabão. Geralmente, eu uso esses exemplos, mas confesso que estou um pouco limitada. Sinceramente, em estequiometria, eu tenho um pouco de dificuldade de relacionar e contextualizar às problemáticas do dia a dia. Preciso aprofundar mais nesta área para poder melhorar. Posso melhorar nisso aí”.

Enquanto a professora PPU8 apresenta os seguintes argumentos:

“em Cálculos Estequiométricos uso a receita, porque aí envolve tudo. Primeiro os alunos têm que entender a equação. O que está acontecendo, para depois se envolverem com o cálculo. Eles têm que ter essa noção de que os átomos só se rearranjam. Como um quebra-cabeça, em que você monta uma nova figura com as mesmas peças. Reação química é isso”.

E acrescenta:

“fazer uma receita segue uma proporção constante... eles têm que ter essa noção. Como se fosse uma receita de bolo mesmo. Se quero dois bolos tenho que dobrar a receita”.

O professor PPa2 aposta, na abordagem de Cálculo Estequiométrico, em listas de exercícios, começando do mais básico ao mais complicado:

“começo de uma questão de nível de dificuldade baixa. É legal o menino pegar e já começar a entender e fazer a primeira e acertar. Aí ele fica animado. Dá um estímulo à pessoa. Assim, a matéria atende ao conforto do aluno, dando a ele uma estabilidade emocional”.

O professor PPa2 continua:

“a coisa evolui quando a gente trabalha os percentuais em amostras impuras, rendimento parcial. Quando a gente utiliza este mecanismo a coisa vai ficando mais grosseira, porque aí é trocar a roda com o carro em movimento. Isso é um tormento na vida do menino”.

Na busca por mostrar a relevância de se conhecer os cálculos químicos, o professor PPa2 trouxe um breve relato de um caso verídico ocorrido em Brasília com Galdino Pataxó. Durante o julgamento a promotoria interpelou os acusados, jovens de classe média, que atearam fogo no índio. A ideia foi mostrar que mesmo no papel de advogado o conhecimento químico pode contribuir para o ganho de uma causa:

“então, é bom que se entenda essas coisas, para a vida... como por exemplo a energia liberada nas reações exotérmicas. Durante o julgamento dos jovens que atearam fogo no índio Pataxó, o advogado de defesa sustentou que os autores não tinham a noção que poderiam matar alguém com 2 L de álcool. A partir daí a acusação perguntou em que ano do ensino médio os autores estavam cursando. A resposta foi no 2º ano. Pelo nível escolar que os autores se encontravam, o advogado de acusação usou o conhecimento de Cálculo Estequiométrico e a energia liberada na queima de 2 L de álcool e que tal energia seria capaz de matar um elefante. Como é que um advogado não precisa saber Química? Ok, ele não precisa saber profundamente, mas olha onde esse promotor foi buscar o argumento para desmontar o argumento da defesa. Talvez eles não quisessem matar, mas dizer que não sabiam que iam matar, tem uma diferença”.

A abordagem do Cálculo Estequiométrico deveria se pautar em uma contextualização, buscando aproximar tal conteúdo à realidade do aluno, contribuindo, desta forma, para uma aprendizagem significativa ao apresentado em sala de aula, com o intuito de buscar o desenvolvimento de visão mais consciente em relação ao mundo em que vive, segundo Mahaffy (2006).

O que constatamos, na verdade, foi uma não homogeneidade dessa abordagem. Ou seja, cada professor realiza essa abordagem da maneira que

acredita ser melhor, ensinando e aprofundando naquilo que acha mais importante.

Por exemplo, os professores PPU1, PPU5, PPU6 e PPA1 acreditam que o Modelo Atômico de Dalton deve ser considerado na abordagem de Cálculo Estequiométrico, porque facilitaria o aprendizado deste conteúdo.

Em relação a isso, o professor PPU1 faz a seguinte crítica na separação dos conteúdos Leis Ponderais e Modelo Atômico de Dalton no Livro Didático:

“É como se fosse um bloquinho. Então, você abre o Livro Didático e tem lá os modelos atômico. Aí você estuda o primeiro, que é o de Dalton. Depois roda o Livro Didático até a metade e encontra o Cálculo Estequiométrico, mas existe uma relação, por exemplo, entre o Modelo Atômico de Dalton e o Cálculo Estequiométrico. Abordamos esse modelo para esse fim”.

Para a professora PPU6, o Modelo Atômico de Dalton é importante para tentar mostrar o rearranjo atômico que ocorre em uma relação química, mas ressalta que isso é um trabalho a longo prazo.

Em contrapartida, as Leis Ponderais deveriam ser unanimidades no ensino de Cálculo Estequiométrico. É intrínseco. São importantes pois indicam os coeficientes das equações que representam uma reação química. Em relação a este ponto, os professores PPU1, PPU2, PPU3, PPU4, PPA1 e PPA2 declaram que adotam esse conteúdo na abordagem do Cálculo Estequiométrico.

O professor PPU4, inclusive, chama as Leis Ponderais de pré-requisito, assim como os conceitos de reações químicas e o balanceamento. Além disso, o Professor PPU4 entende que a demonstração a partir de um experimento facilita o aprendizado do Cálculo Estequiométrico, apenas na observação do fenômeno, sem se preocupar com uma produção industrial.

A mesma opinião não é compartilhada pela professora PPU5, que disse sempre fazer uma abordagem de Cálculo Estequiométrico utilizando a produção industrial ou aquisição de matérias primas, exemplificadas nas equações químicas e no balanceamento.

“aí eles entendem o que é uma reação química e um balanceamento. É necessário que a simbologia envolvida em uma reação química seja entendida”.

Outro ponto sensível percebido na abordagem de Cálculo Estequiométrico foi a revisão da matemática envolvida nesse conteúdo. Os

professores PPa1, PPa2, PPU5 e PPU8 declararam recorrer a esse procedimento.

O professor PPa1, por exemplo, procura fazer o que chamou de “construção”. Já sabendo que os alunos apresentam uma certa defasagem em matemática, procura reforçar o conteúdo que trata de relação de proporções. Nesse contexto, vai inserindo as grandezas que pretende trabalhar durante o ensino de Cálculo Estequiométrico: mol; massa; quantidade de moléculas, átomos e íons; e volume. Em seguida, operacionaliza a transformação de uma grandeza em outra, além de utilizar as Leis Ponderais.

No entanto, fica claro, na fala do professor PPa1, a presença de uma mecanização ao ensinar o Cálculo Estequiométrico:

“procuro trabalhar as transformações de uma grandeza em outra. Até eles pegarem bem fixo isso. Eu mostro para eles que é possível fazer essas relações com unidades e medidas diferentes. Aí eu parto para as equações químicas. Além disso, faço o balanceamento explico porque as massas dos reagentes devem ser iguais às massas dos produtos. Eu mostro tanto a nível microscópico, quanto a nível simbólico.

Já a professora PPU8, que também utiliza a receita de bolo como exemplo de contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico, acredita na necessidade da revisão do conteúdo de Matemática, pela dificuldade que o conteúdo apresenta.

Em sua rotina a professora busca trabalhar com equação química para só depois apresentar os cálculos. Sempre focando no raciocínio proporcional dos “ingredientes de um bolo”. Além disso falou sobre a conservação dos átomos em uma reação química:

“... outra coisa, os átomos se conservam. Não se tem uma perda de material. A massa que se tinha no início, vai ser a mesma do final, se o sistema for mantido fechado. Os alunos têm que ter essa noção para poderem começar a interpretar o Cálculo Estequiométrico”.

Um dos poucos professores entrevistados, que declarou aborda o contexto do aluno, na explicação da estequiometria, foi o PPU7. No entanto, a contextualização descrita é a utilização de uma receita de bolo, juntamente, com as quantidades de seus ingredientes. Fato que é observado, também, na fala de outros professores entrevistados.

Na tentativa de contextualizar as medidas de massa e de volume na abordagem de Cálculo Estequiométrico, a professora PPU6 utiliza situações que servem como ilustração:

“a gente vai ao mercado, mas não vamos comprar 1000 grãos de feijão, mas sim um pacote de 1Kg. Vai comprar uma fruta, pode comprar uma dúzia. Dessa maneira, vou conversando com os alunos sobre os padrões de medidas, que são usadas, a começar pela massa e pelo volume, que são coisas mais do que do cotidiano deles. Eles têm muita dificuldade para entenderem esses conceitos. Então, vou conversando com eles sobre isso, sempre frisando um padrão de unidade de medida”.

O professor PPa2, assim como o professor PPU7, procuram fazer associações na abordagem de Cálculo Estequiométrico, com o cotidiano dos alunos, buscando exemplos concretos. Também fazem uso do Modelo Atômico de Dalton na representação de uma reação química utilizando bolinhas de isopor. A daí explora as Leis Ponderais, quanto à proporcionalidade constante.

Além disso, o professor PPa2 costuma realizar demonstrações experimentais queimando, por exemplo, uma folha de papel sobre uma balança, assim como a queima de uma esponja de aço, discutindo com os alunos sobre a variação de massa percebida no visor da balança. Dessa forma procura provocar nos alunos uma reflexão sobre os fenômenos ocorridos:

“a gente instiga o aluno a investigar se a Lei de Lavoisier é verdadeira e válida até hoje ou se ela é mentirosa”.

A partir dessa discussão, relacionada à massa, que foi possível perceber, de forma visível e concreta, o professor procura introduzir a simbologia dos átomos e das moléculas, apresentando em seguida o conceito de mol:

“aí o drama fica gigantesco, por conta da potência de 10, por conta da notação científica, por conta da dificuldade natural que o aluno tem na matemática, que é uma auxiliar da gente, sem diminuí-la, o seu espaço e é maravilhosa. É uma ferramenta adicional, mas pela dificuldade, trabalho com os alunos as propriedades de potência.

Antes de abordar o ensino de Cálculo Estequiométrico o professor PPa2 disse trabalhar com as transformações de unidades de massa e de volume, mostrando aos alunos a dependência da Química pela Matemática na utilização do raciocínio proporcional.

“depois a gente joga essas “caveirices” que a Química tem nessa parte de Cálculo Estequiométrico, que eu julgo, talvez, a parte mais crítica e mais chatinha em todo o ensino médio”.

A partir daí o professor PPa2 introduz o conteúdo de Cálculo Estequiométrico propriamente dito, trabalhando o conceito de massa atômica, de massa molecular e do volume, para em seguida, abordar o conceito de mol. Tudo isso em um âmbito de uma reação química com o devido balanceamento.

Sobre o código conceitual o uso dos livros didáticos, foram elaboradas as seguintes perguntas de reflexão (Quadro 12).

Quadro 12: O uso dos livros didáticos - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
O uso dos Livros Didáticos	O professor explora os conteúdos e os exercícios ao adotar um dos Livro Didático sugerido pelo Novo Ensino Médio? Quais críticas são feitas pelos professores ao Livro Didático do Novo Ensino Médio? Os professores adotam outros Livros Didáticos além daquele sugerido pelos Novo Ensino Médio? A linguagem utilizada no Livro Didático possibilita uma melhor compreensão dos alunos acerca do assunto? Até que ponto a mecanização no ensino de Cálculo Estequiométrico é observada no Livro Didático adotado? Considerando o Livro Didático adotado (Novo Ensino Médio), é possível conciliar o que é proposto com o tempo que o professor tem/terá em sala de aula? Como o professor utiliza o Livro Didático na realidade?

No Novo Ensino Médio cada Livro Didático é chamado de obra. O conjunto de 6 obras é chamado de coleção. Na área de Ciências da Natureza, por exemplo, cada obra contém conteúdos das disciplinas Química, Física e Biologia, que ficam dispostos aleatoriamente, sendo que, em muitos casos, não se percebe uma coerência entre os assuntos abordados.

Esse é um dos motivos que os professores, ao serem entrevistados, foram unânimes em dizer que não utilizam os Livros Didáticos e sequer sabem o nome de tais coleções. O PPU1, por exemplo, fez o seguinte relato:

“Muito problemático! Não gostei! Tanto da parte teórica, quanto dos exercícios. São superficiais demais. Eu costumo falar aos alunos que eles têm muitos Livro Didáticos, mas ao mesmo tempo parece que não têm nada. No Novo Ensino Médio os Livros Didáticos mesmo empilhados são muito pequenininhos. Não vão cobrir todo o conteúdo. Acho que pelo menos deveriam dar oportunidade para aqueles alunos que querem algo além, de terem o acesso à informação”.

Já a professora PPU2 comentou:

“Hoje, os exercícios são superdifíceis pelo pouco de teoria que se viu, ou seja, que não aborda praticamente nada. Parecem apostila de cursinho. É uma apostila muito ruim. A abordagem é péssima. Não tem. É aquela apostila que já coloca os exercícios mais complexos, sendo que a parte teórica não foi trabalhada. Nada. Não tem uma construção de um raciocínio. A construção do pensamento. Não tem isso.

Pincelam. Uma coisa aqui, outra ali, de coisas que, às vezes, não têm nem conexão”.

Segundo o professor PPU3:

“Ninguém está usando esses Livros Didáticos, porque ele está com o conteúdo todo misturado. Por exemplo, no 1º ano tem Química Orgânica. Eu abandonei mesmo. Uso quadro, *slides*...”.

Percebe-se na fala dos professores, uma grande insatisfação em relação ao material didático disponibilizado. A professora PPU6 faz coro com os demais professores, pois acha os materiais superficiais, que utilizam palavras de difíceis compreensões para os alunos. No entanto, essa professora difere dos demais utilizando o seguinte argumento:

“Estou usando o Livro Didático do Novo Ensino Médio apesar de não gostar dele. É bem ruim, mas me esforço em usar, porque sei que tem dinheiro público. É o material que eles têm, até para evitar imprimir muitas cópias. Então, eu uso”.

Para lidar com essa situação, os professores utilizam, de modo geral, outros Livros Didáticos. Especialmente, aqueles que se apresentavam com um formato seriado, como os volumes 1, 2 e 3, ou os volumes únicos. Dentre eles, foram citados: o Química na Abordagem do Cotidiano (Tito e Canto), Química (Usberco e Salvador), Química 1, 2 e 3 (Martha Reis) e o Ser Protagonista (Aline Thais Bruni). Nessa linha, a professora PPU8 afirma que continua seguindo os livros clássicos.

Os professores entrevistados das escolas particulares não têm esse problema com os Livros Didáticos adotados pelos Novo Ensino Médio, porque os Livros Didáticos são exatamente aqueles, ditos clássicos, que já eram utilizados antes da implementação do Novo Ensino Médio. Ou seja, para as escolas particulares nada mudou quanto à adoção do Livro Didático.

De igual forma, o professor PPU7, de um colégio militar, relatou utilizar um Livro Didático desenvolvido pela própria instituição, que é entregue aos alunos bimestralmente, em forma de apostila e com o conteúdo que contemple o Ensino Médio tradicional.

Quando perguntados sobre o uso do Livro Didático no contexto de Cálculos Estequiométricos, os professores foram unânimes ao afirmarem que o Livro Didático é, e sempre foi, limitado e carente da mediação do professor de Química. Ainda mais se fosse levado em consideração tal conteúdo, como explica o professor PPA1:

“Na minha opinião é muito difícil explicar Cálculos Estequiométricos por escrito. Talvez tivéssemos que escrever um livro muito grande com o passo a passo. Então, eu o uso para exercícios. Claro que os alunos podem consultar o que eles quiserem, mas eu uso o LD para a resolução de exercícios. Eu não me apoio na teoria que está no LD”.

Além disso, os professores PPU4 e PPU7 acreditam na importância de se utilizar o experimento para facilitar o aprendizado do aluno, conforme descreve o professor PPU7:

“O Livro Didático por si só não é o suficiente. Tem que ir para a prática. O conteúdo Cálculo Estequiométrico já é complicado porque tem Matemática e os alunos têm uma certa aversão à essa disciplina. Então, quem não tem facilidade sofre. Em estequiometria, alinhar teoria e prática é fundamental. Não tem como só ficar no quadro”.

Para a professora PPU8 o que falta nos Livros Didáticos no ensino de Cálculos Estequiométricos é uma melhor contextualização do assunto abordado com o cotidiano dos alunos:

“Às vezes, é um pouco abstrato. O conteúdo de Química é muito abstrato. Os alunos não conseguem essa aplicação no dia a dia. Os autores separam os Livros Didáticos da realidade. Tudo tem Cálculo Estequiométrico. Está presente na indústria e é tão utilizado no dia a dia, mas parece que para os alunos os Livros Didáticos e as aulas estão separadas por diferentes realidades”.

Quadro 13: O ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
O ensino de Cálculo Estequiométrico	Como os professores analisam o ensino de Cálculo Estequiométrico hoje? O que os professores julgam ser importante no ensino de Cálculo Estequiométrico? Os alunos do Ensino Fundamental já têm algum acesso ao ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual o contexto do professor, hoje, pós-pandemia, na sala de aula, quanto ao relacionamento com os alunos? Qual a reciprocidade professor-aluno? Na perspectiva do professor, qual a imagem que ele tem sobre o Novo Ensino Médio? (Carga Horária, tempo...)

O ensino de Cálculo Estequiométrico, para alguns professores entrevistados é um desafio muito grande, principalmente, no que tange à Matemática envolvida. Em alguns casos, percebe-se uma sensação de desânimo em relação ao assunto. Isso fica claro na citação do professor PPU3: “é triste ver os alunos que não têm facilidade em entender o Cálculo Estequiométrico por causa da Matemática”.

Já a professora PPU8 acredita que há alunos que se adaptam ao conteúdo de Cálculo Estequiométrico, o que chamou de aluno com “potencial” conforme a transcrição a seguir:

“então, se tem um aluno que tem potencial, acho que tem que se aprofundar. Para os outros é demais mesmo. Como faria isso? Não sei! Acredito que melhorando o ensino básico. Não adianta dar muito conteúdo no ensino médio se o aluno não sabe nada de Matemática básica”.

A professora acrescentou ainda que existe um excesso de conteúdo, que é lançado sobre os alunos, sem o cuidado de contextualizá-lo à rotina desses estudantes. Se referindo a outros países, sem deixar claro quais, PPU8 entende que:

“em outros países essa abordagem funciona, mas eles têm um nível básico melhor. Agora, para o Brasil é muito conteúdo desperdiçado, sem haver um aprofundamento. Tem muito conteúdo que não bate muito com a realidade do aluno, tanto em Física, quanto em Química. Os alunos não conseguem ver uma aplicação”.

Isso, de certa forma é corroborado pela professora PPU5, que acredita que o ensino de Cálculo Estequiométrico, do jeito que é abordado hoje nas escolas, não seria um conteúdo importante na formação de um cidadão.

No entanto, a professora PPU5 diverge da professora PPU8, no que diz respeito à formação básica, ou pelo menos, parte dessa formação, pois entende que os alunos já têm uma certa bagagem de conteúdo, que lhes foi apresentada no ensino fundamental:

“eles já viram, no 9º ano do ensino fundamental, o conceito de substância e até mesmo de modelos atômicos. Se olharmos hoje o currículo do Ensino Fundamental, ele está bom. Ele perdeu aquela questão de ser só Biologia e ver a Química apenas no 9º ano. Não é mais assim”.

Enquanto isso o professor PPA1 acredita que além da dificuldade de aprender o Cálculo Estequiométrico por causa da Matemática, outro ponto crítico seria o ensino de conceito de mol²⁰, porque os alunos, segundo o relato do professor, confundem mol com moléculas.

²⁰ Note que o nome da unidade da grandeza de matéria – mol – coincide com o seu símbolo – mol. O mesmo não ocorre em Portugal, onde o nome é *mole*, substantivo feminino (ROCHA-FILHO; SILVA, 2023, p. 23).

Desse modo, alguns professores acreditam também que os alunos devem ter uma melhor formação tanto na Matemática, quanto em Ciências, ainda no ensino fundamental, ou seja, desde o 6º ano.

“No 6º ano já se começa a ensinar o conceito de substância, por exemplo. Então, era de se esperar que os alunos chegassem no 1º do ensino médio com uma base de Ciências, que poderíamos avançar”. (PPu5).

O professor PPU7, que leciona em um colégio militar no Distrito Federal relatou que isso pode ser constatado em sua escola, na qual a estequiometria é introduzida já no ensino fundamental.

“Na escola em que leciono o ensino de Química começa desde o 6º ano do ensino fundamental, onde já começam a ver a Lei de Lavoisier, pelo menos. Sem usar a Matemática, mas sim usando o raciocínio lógico. Então, no 8º ano eles já começam a aplicar, ter uma noção do que é um balanceamento, a partir de algumas questões mais simples. Nesse momento, também, outras Leis ponderais são apresentadas, além de aprofundar na Lei de Lavoisier”.

A professora PPU8 não compartilha da mesma opinião. Para ela o ensino fundamental carrega um fardo de ser um dos principais responsáveis pela dificuldade que os alunos apresentam no ensino médio.

“Temos que tentar melhorar o ensino fundamental. Estamos em uma transformação de cima para baixo, mas a base está embaixo. O aluno que chega com uma defasagem de 9 anos de escola vai ser empurrado para o ensino médio, aprendendo o mínimo. O problema está no ensino fundamental”.

Diante do exposto surge a dúvida se o problema está no que é ensinado ou no que deveria ser ensinado, pois temos aqui nitidamente, duas versões de ensino do conteúdo de Ciências a partir do ensino fundamental. Será que os professores estão, realmente, ensinando o que deveriam ou, de alguma forma, não estão conseguindo alcançar esse objetivo?

Fato é que existe uma precariedade no sistema escolar, tanto no ensino fundamental, quanto no ensino médio. Para Carrano, Marinho e Oliveira (2015), esta espécie de sistema apresenta um processo de escolarização de baixa infraestrutura e insuficiente formação acadêmica que as escolas oferecem. Ao mesmo tempo em que os alunos lidam com uma carga horária e curricular mais intensa no ensino médio. Com ênfase maior em Matemática e Ciências da Natureza, por exemplo.

Enquanto isso, o professor PPa2 descreve a dificuldade que o aluno apresenta em aprender, sob um olhar diferente:

“Isso traz dificuldades, porque ele não quer aprender. Justamente, pela dificuldade. O aluno está sem paciência para aprender. Ou quando quer aprender, o quer de forma muito imediata e isso traz a essência da dificuldade em Química”.

Ao fazer essa afirmação, ele não se vale nem da má formação do aluno do ensino fundamental e nem na dificuldade em Matemática, mas sim, naquilo que chamou de “reciprocidade”. Ou seja, o aluno está sem interesse de aprender Ciências. Pela fala do professor, o perfil dos alunos de hoje em relação à paciência no aprendizado, ou uma construção de um raciocínio lógico parece estar comprometida, observando um comportamento ansioso à procura de um resultado imediato.

Como se não bastasse a falta de paciência de alguns alunos, segundo o professor PPa2, ainda há os alunos que têm dificuldade de se concentrarem nas aulas. Dessa forma, o professor se depara com uma certa heterogeneidade de alunos. E desabafa:

“Então, o raciocínio proporcional, muitas vezes, fica em segundo plano. Às vezes, a Química fica em segundo plano, quando eu entro em sala e sinto que não é o momento de falar de Cálculo Estequiométrico, por exemplo”.

Além de todas essas dificuldades descritas pelos professores, tem-se ainda a implementação do Novo Ensino Médio, que provocou mudanças significativas na rotina do ensino médio. Uma das mais significativas poderia ser a redução da carga horária e, conseqüentemente, a redução drástica de conteúdo. Naquilo que foi nomeado de Formação Geral Básica.

“Mas por outro lado, já sabemos que a ideia do Novo Ensino Médio, e o próprio nome Formação Geral Básica, já mostra o que eles querem. Então, o conteúdo foi reduzido bastante”. (PPu1).

Além da Formação Geral Básica, o Novo Ensino Médio apresenta os chamados itinerários formativos, que trazem as disciplinas eletivas, as trilhas, os projetos de vida, que formam um conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, entre outras situações de trabalho, que os alunos, em princípio, podem escolher no ensino médio.

Nesse aspecto, o professor PPU1 acredita que as disciplinas eletivas possibilitem um aprofundamento em determinados pontos:

“Tenho muitas críticas ao Novo Ensino Médio, mas uma coisa boa é que a eletiva trouxe uma especificidade, na qual você consegue trabalhar com os alunos mais interessados sobre determinados assuntos. Aí dá para ‘subir o sarrafo’ um pouco mais. Não que a gente precise subir, porque o próprio Cálculo Estequiométrico já está lá em cima, mas eu fico mais tranquilo em abordar isso com um aluno da eletiva, em uma sala que tenha de 15 a 20 alunos. Do que por exemplo, na Formação Geral Básica, em que as salas de aulas têm de 35 a 40 alunos, muitas vezes, efusivos e dispersos. Aí é mais complicado”. (grifos nossos).

A professora PPu2, ao fazer uma breve análise, acredita que o desinteresse do aluno se dá pelo tipo de promoção que é realizada no Novo Ensino Médio. Até há, da parte do professor, uma cobrança, mas o aluno escolhe se quer ou não fazer determinadas atividades.

“As dificuldades que encontramos é em decorrência da política. Eu considero uma política de educação, porque o aluno do Novo Ensino Médio não pode ser reprovado. Os alunos sabem disso. Então, ele está muito tranquilo e não vai se esforçar. Basta olhar o caderno desse aluno. Ou está em branco ou está copiado errado. Sinceramente, não tenho tanta esperança com a educação. Acho que da época em que entrei na Secretaria de Estado de Educação para hoje, só piora”.

Já o professor PPa2, que é de uma escola particular, que não sofreu uma redução de carga, a princípio, acredita que a implementação do Novo Ensino Médio prejudica, e muito, o acesso do aluno de escola pública à uma universidade pública.

“O Novo Ensino Médio está afastando o jovem, principalmente, os de escola pública. O de periferia, do noturno. Este aluno está ficando, simplesmente, sem poder de competição. Sem poder de acesso a uma universidade pública. Como sempre. Mas vai ficar muito mais severo se resolvermos fazer isso aí da maneira que foi colocado. Apesar de parecer promissor, tem uma essência negativa nisso tudo, que afasta os jovens de escolas diferentes, com o poder de competição diferente. Eu tenho essa avaliação. Isso tem trazido dificuldades de tudo que é natureza”.

De modo geral, os professores veem com muita preocupação a redução da carga horária na implementação do Novo Ensino Médio. Isso está prejudicando muito a qualidade das aulas de Química, por exemplo. Sendo que todas as disciplinas tiveram essa redução de carga horária, salvo exceções, de Matemática e Língua Portuguesa, conforme o relato da professora PPu2:

“diminuiu a carga horária. Então, o tempo que eu tenho para trabalhar o conteúdo é menor. O conteúdo não mudou muito, pois é praticamente o mesmo. É claro que tem toda uma nomenclatura diferenciada, com os nomes mais bonitos, mas no fim você tem que dar todo aquele conteúdo que antes você trabalhava. Claro que não dou conta. É impossível. Então, separo aquilo que acho mais importante”.

O ensino de Química deixa de ter uma padronização em sua estrutura pedagógica, e passa a contar com a experiência ou o improviso de cada professor na abordagem de determinado conteúdo. Isso poderia causar uma descontinuidade e/ou uma desconexão no ensino desses conteúdos, logicamente, inclusive os relacionados ao Cálculo Estequiométrico.

Com essa diminuição de carga horária, os professores também reclamam da impossibilidade de trabalhar com os exercícios, de fazerem acompanhamentos dos alunos, por exemplo, aqueles que eram feitos de carteira em carteira. Isso tem sido percebido na fala de alguns professores. Para ilustrar esse fato a professora PPU2 relatou:

“só para fazer todo esse processo eu preciso de tempo. Não consigo vencer o conteúdo. É cansativo. Chega a um ponto em que você termina uma aula e está morta”.

Já o professor PPU3 declarou:

“eu olho para o conteúdo de Cálculo Estequiométrico e, realmente, não sei como vou conseguir explicar isso no NEM”.

Percebemos a angústia dos professores em relação à diminuição da carga horária, principalmente, mas também em relação à implementação do Novo Ensino Médio em si. Por isso, a pergunta mais frequente é “como vou conseguir dar o conteúdo?”. A resposta parece simples, mas desconfortável: não vai conseguir! Pelo menos não com a mesma abordagem que foi outrora. Enquanto o professor não se der conta dessa mudança o sofrimento, provavelmente, irá continuar.

O professor PPU7, de uma escola militar, que não passou por essa dificuldade de redução de carga horária, relatou o seguinte:

“eu vejo com muita preocupação nas escolas da Secretaria de Educação do Distrito Federal. Como é que se consegue ensinar Cálculo Estequiométrico em uma ou duas aulas? Você precisaria, no mínimo, de duas semanas. Então, quanto menos aulas, pior. É a contramão do que é necessários”.

A professora PPU6 lamenta:

“acaba que o nosso tempo é muito corrido. Só tenho um encontro de 1h e 30 minutos por semana, ou seja, uma aula dupla. Graças ao Novo Ensino Médio. Está muito corrido. Por isso, dou aquela pincelada, mas eu vejo que a maioria dos alunos não internalizou. Está bem complicado”.

O professor PPa2 acredita que com o Novo Ensino Médio houve uma grande perda, porque junto com a Formação Geral Básica, que tem uma abordagem mais propedêutica, a organização do Novo Ensino Médio traz os itinerários formativos, o projeto de vida: “então a gente tem que trabalhar nessa chapa quente”.

Quadro 14: A utilização da metáfora e da analogia nas aulas e nos livros didáticos - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
A utilização da metáfora e da analogia nas aulas e nos Livros Didáticos	Até que ponto a analogia e a metáfora são utilizadas no ensino de Cálculo Estequiométrico? Geralmente, como a analogia e a metáfora são abordadas no ensino de Cálculo Estequiométrico? E nos Livros Didáticos, como isso é percebido? Qual a qualidade das abordagens das analogias e das metáforas nas salas de aula e no Livros Didáticos? Quais os exemplos mais utilizados na abordagem do ensino de CE com a analogia e a metáfora? Que críticas foram observadas no uso de analogias e metáforas nos Livros Didáticos? O professor apresentou alguma confusão entre a analogia e a metáfora em relação ao raciocínio proporcional?

Nesse momento, os professores tiveram a oportunidade de expressarem suas opiniões sobre as analogias e as metáforas que são utilizadas tanto em suas aulas como exemplos, como as que eles percebem nos Livros Didáticos.

O professor PPU4 acredita, por exemplo, que muitas dessas situações apresentadas pelos autores de Livros Didáticos não contemplam o cotidiano dos alunos:

“identifico sim as analogias e as metáforas, mas os autores teriam que entender que estamos no meio de um processo e não no fim, ou seja, o aluno está cursando o ensino médio e não o ensino superior. Por isso, o aluno tem essa dificuldade, porque não adianta ficar dando exemplos mirabolantes, que o aluno não vai captar. Não adianta ficar viajando, pegar um minério... Tem que usar analogias básicas, de cozinha, algo ligado ao dia a dia dele. E não partir de um produto industrializado, pelo simples fato que o autor está lidando com pessoas que estão iniciando um conhecimento”. (grifos nossos).

Enquanto isso, o professor PPa1 acredita que o Livro Didático é usado mais para a transmissão de um conhecimento técnico do que de uma abordagem de analogias e metáforas que estejam relacionadas ao cotidiano do aluno.

Entende, ainda, que o ensino de Cálculo Estequiométrico pode estar fortemente ligado a uma receita de bolo, como a maioria dos professores entrevistados:

“não lembro de outro exemplo, só da receita de bolo, porque o ensino de Cálculo Estequiométrico é literalmente uma receita, né? Então, a gente consulta uma receita básica, que é a equação balanceada. Aí transformamos essa receita para o que queremos. Acho que essa questão de uma receita pode ser dada em medida caseira, em gramagem²¹ e em unidades. Eu nunca vi isso em outro lugar. Acho interessante”. (PPa1).

Ao se referir à gramagem, o professor PPa1, na verdade, estava tentando fazer alusão ao grama, como unidade de medida de massa.

Enquanto isso, o professor PPu7 traz a seguinte percepção quanto ao uso de analogias e metáforas:

“na época em que eu estava no ensino médio não se usava essas analogias e metáforas. Era o conteúdo seco. Quem entendesse tudo bem. Agora existe uma tentativa de aproximar o conteúdo de Cálculo Estequiométrico, que é mais difícil mesmo. Acredito que 80% dos alunos tenham essa dificuldade.”

Para as professoras PPu6 e PPu8, a abordagem da analogia e da metáfora no Livro Didático é ruim, principalmente, os Livros Didáticos disponibilizados no Novo Ensino Médio.

“no Livro Didático que foi adotado não tem analogias. Tem a materiazona e tem um pouquinho de contextualização no início do capítulo, uma introdução, mas analogias, não!”. (PPu6).

Por outro lado, o professor PPu1 destaca alguns cuidados que se deve ter quando um professor utiliza uma analogia no ensino de determinado conteúdo. No entanto, os exemplos se repetem e, geralmente, se restringem a uma receita de bolo. Os professores, dessa forma, limitam essa abordagem quando comparam o ensino de Cálculo Estequiométrico a exemplos que se perpetuam:

“eu faço o tradicional que é a analogia com uma receita de bolo. Acho que essa comparação é importante, porque diminui o fosso entre o aluno e o conteúdo. Sei, também, de todo o cuidado que se deve ter para que o aluno não tenha uma ideia distorcida acerca do conceito”.

O professor afirma, ainda, que o uso de analogias e de metáforas auxiliam no processo de ensino-aprendizagem do aluno em relação ao Cálculo Estequiométrico:

²¹ Sinônimo de gramatura. Medida da massa pela área de um papel. Denota-se como uma densidade de área ou densidade superficial. Quanto maior for a gramatura, mais grosso será o papel (Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa).

“tenho percebido muitos alunos distantes, então, tento aproximá-los usando algumas comparações ou analogias do dia a dia deles. Aí vejo que eles participam mais”.

Quanto ao cuidado no uso de analogias de metáforas, o professor PPU3 lembrou dos ensinamentos de um determinado professor de sua graduação:

“não utilizo analogias e metáforas, porque na minha época de graduação o professor falava para termos cuidado ao utilizá-las, pois os alunos, nessa faixa etária, levam as informações muito ao pé da letra. São muito literais. Eles não conseguem discernir até aonde vai uma metáfora”.

No entanto, esse mesmo professor se contradiz, quando relaciona, por exemplo, modelos atômicos com bolas de bilhar, pudim com passas e sistema planetário.

Já o professor PPU4 entende que fazer uma abordagem inicial com os alunos é a melhor opção. Dessa forma, ele tenta ter um ponto de partida no ensino de Cálculo Estequiométrico em sala de aula:

“uma coisa que eu gosto de fazer é perguntar ao aluno o que ele costuma fazer em casa”.

Uma outra analogia adotada pelos professores foi a de relacionar o conceito de quantidade de matéria (mol) com a grandeza dúzia, conforme os relatos a seguir:

“... uma dúzia são doze, uma centena são cem, então, um mol é igual a $6,02 \cdot 10^{23}$.²² Tenho percebido que para eles isso não é óbvio”. (PPU1).

“o máximo que utilizo é o conceito de mol, que eles confundem com moléculas. Então, eu uso a dúzia, que é algo que eles já têm mais construído na mente”. (PPU2).

“em relação ao mol, deixo claro que é uma unidade do Sistema Internacional – SI, que comparo à dúzia de ovos”. (PPU5).

“eu não gosto muito de trabalhar com analogia e metáfora. É muito raro. A única analogia que utilizo é quando vou explicar porque um mol de diferentes substâncias tem massas diferentes. Então, eu uso, por exemplo, a comparação de uma dúzia de ovos e de melões e pergunto aos alunos qual tem mais massa”.

Quanto a isso, o professor PPA1 não é adepto à receita de bolo, mas sim da receita de pão de queijo, relacionando essa receita ao número de convidados.

²² A constante de Avogadro (N_A) permite a passagem de quantidade de matéria para o número de entidades, que está associada a uma determinada quantidade de matéria. Dessa forma, é possível estabelecer uma relação de proporcionalidade com a quantidade de matéria e o número de entidades (ROCHA-FILHO; SILVA, 2023, p. 47).

Dessa maneira, tenta fazer uma analogia com a Lei de Proust, ao mesmo tempo em que relaciona essa proporcionalidade com a quantidade de matéria.

Por outro lado, o professor PPU7 busca contextualizar o ensino de CE com o contexto do aluno:

“gosto de perguntar ao aluno o que ele costuma fazer. Também falo do ar que respiramos, no ambiente em que vivemos e convivemos. Nesse contexto, mostro uma reação química no quadro branco e tento relacionar o gás oxigênio com a hemoglobina, deixando o aluno mais familiarizado, começando em seguida a trabalhar com a estequiometria”.

Ao fazermos as transcrições das entrevistas, notamos que a Hipótese 3 - a dificuldade dos alunos no desenvolvimento do raciocínio proporcional -, por sua abrangência, poderia ser desmembrada, assim como fizemos na Hipótese 1. Dessa forma, a Hipótese 3, relacionada ao raciocínio proporcional, foi dividida em 5 pontos que discutiremos a seguir

Quadro 15: A mecanização no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
A mecanização no ensino de cálculo estequiométrico	Como o professor introduz/produz o seu manual/roteiro para o ensino de Cálculo Estequiométrico? Até que ponto o roteiro no ensino de Estequiometria pode caracterizar/produzir/provocar uma mecanização no ensino de Cálculo Estequiométrico? O fato de os alunos resolverem muitos exercícios, de forma mecânica, auxilia no seu aprendizado ou diminui a sua dificuldade em relação ao raciocínio proporcional? Por que os professores utilizam apenas a regra de 3, ao invés de utilizarem a álgebra de grandezas e a análise dimensional? Qual a percepção dos alunos, na perspectiva dos professores, quanto ao uso de regra de 3? Os alunos sabem montar a regra de 3? Eles entendem o que estão fazendo?

O professor PPU1 propôs aos alunos uma espécie de passo a passo de como aprender o Cálculo Estequiométrico, pois acredita na facilidade que isso traz ao processo de ensino-aprendizagem:

“então, eu imprimi as folhas com as regrinhas e entreguei para os alunos. Um para cada. E falei: toda aula de Cálculo Estequiométrico você vai trazer essa folhinha para conseguirmos fazer os exercícios, as questões”.

Já o professor PPU4, ao ensinar o Cálculo Estequiométrico, tem como roteiro a abordagem das Leis Ponderais de Lavoisier e de Proust, ao mesmo tempo em que explora algumas equações químicas, que são devidamente

balanceadas. A partir daí, o professor explora apenas as grandezas massa e volume, por acreditar serem os mais importantes nesse conteúdo.

Enquanto isso, o professor PPa1 também procura estabelecer um 'método', um 'passo a passo', ao ensinar Cálculo Estequiométrico aos alunos. Faz isso com o intuito de diminuir a ansiedade que os alunos apresentam ao tentarem resolver os exercícios de Cálculo Estequiométrico.

“primeiro, vamos identificar quais substâncias o exercício está querendo relacionar na proporção. Aí o próximo passo é identificar que informação está sendo fornecido no exercício e o que está sendo pedido. Escreva as informações abaixo de cada substância de interesse e coloca a unidade. Se é mol, coloque tantos mol. Se é incógnita, coloque um 'x' com uma unidade pequenininha, para não esquecer a grandeza que está sendo pedida”.

Já a estratégia do professor PPa2 é convencer da importância da rotina em resolver exercícios, começando sempre pelos mais simples, avançando para os mais complicados. Além de aulas expositivas, procura, também, utilizar o laboratório para alguma demonstração experimental.

A mecanização fica clara nas falas dos professores PPU1, PPU7 e PPa1, que acreditam na importância de se fazer muitos exercícios. Os alunos, dessa forma, são condicionados a resolverem os exercícios, mas, geralmente, não têm noção do que estão calculando, porque não entendem o fenômeno envolvido.

Na fala do professor PPU1 isso fica explícito:

“então, uso as mais variadas questões, os mais variados exercícios. Treinar. Passar a ser mecânico mesmo, para que entre na cabeça do aluno”.

Em sua entrevista o professor PPa1 relata:

“uma coisa que senti melhora nesse ano, em relação aos anos anteriores, é que foquei muito na parte da construção de todas as formas de representar a proporção estequiométrica. Fiz vários exercícios. Vários. Desde os alunos do 9º ano do ensino fundamental. É uma coisa meio mecânica. Mas quando falo mol²³, se for mecânico, e os alunos absorvem de uma forma mecânica, eles não vão entender”.

O professor PPU7 acredita que além da mecanização, o experimento auxilia o processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico:

“é claro que a repetição ajuda, mas não é só isso, tem que ter algo a mais, algum experimento, alguma coisa que eles saibam na prática que aquilo é importante”.

²³ Vide referência 15.

Ao falarmos de uma mecanização na resolução de exercícios relacionados ao ensino de Cálculo Estequiométrico, invariavelmente, notamos o uso, e o abuso, da regra de três, que aliás, talvez por esse excesso, foi consideravelmente citada pelos professores entrevistados para aquela finalidade.

O professor PPU1 reconhece a dificuldade que os alunos apresentam em aprender outra maneira de resolver exercícios de estequiometria, como por exemplo, a análise dimensional e a álgebra de grandezas, que serão devidamente exploradas adiante.

“percebo que há essa resistência. Se o professor fala que isso é a mesma coisa que uma regra de três, só que mais fácil, os alunos ainda vão continuar com a regra de três, porque é mais familiar. Acho que qualquer coisa que desvie disso eles não vão receber tão bem. A impressão que tenho é que se utilizarem uma nova proposta, como por exemplo a análise dimensional, eles vão errar (na perspectiva dos alunos). Então, o aluno prefere o que já conhece. Prefere ficar na zona de conforto”.

Por esse motivo, também, os professores e PPU4 e PPU8 preferem apenas a regra de três na resolução dos exercícios de Cálculo Estequiométrico:

“prefiro a regra de três. É meio que uma zona de conforto. A análise dimensional e a álgebra de grandezas são importantes, mas para abordar com profundidade aí prefiro buscar a regra de três”. (PPU4).

Houve também manifestações de despreço quanto ao uso de análise dimensional e de álgebra de grandezas. A professora PPU6 apresentou a seguinte percepção:

“apesar de ter cursado a disciplina Cálculos Básicos da Química²⁴ na graduação, não gosto, porque acho que a regra de três é mais fácil de entender. Além disso, pode ser utilizada em outras disciplinas”.

Já o professor PPU3, que também deixa claro sua preferência pela regra de três, aposta na cooperação entre os estudantes, formando grupos de estudos durante as aulas:

“eu separo um grupo de alunos que têm mais facilidade com Matemática e outros com dificuldade, que não conseguem fazer a regra de três”.

²⁴ Disciplina oferecida pelo Instituto de Química - UnB, que traz em sua ementa: abordagem dos cálculos químicos mais simples realizados por profissionais da Química utilizando o Método de Análise Dimensional. Uso correto de Álgebra de Grandezas e das recomendações da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), da ISO (Organização Internacional para a Padronização) e do Sistema Internacional de Unidades..

Outros professores relataram, abertamente, que têm dificuldade de ensinar o CE utilizando a análise dimensional e a álgebra de grandezas. Como por exemplo a professora PPU5:

“não sei análise dimensional e nem álgebra de grandezas. Só uso a regra de três. Não aprendi assim e não aprendi a ensinar assim. Além disso, não vejo isso nos livros didáticos”.

Por sua vez, o professor PPU7 declarou:

“só fui conhecer a análise dimensional e a álgebra de grandezas há dois anos. Era um livro²⁵ que não tinha nenhum cálculo por regra de três. Fiquei pensando: será que isso dá certo? Ainda tenho dificuldades. Dependendo do exercício não consigo resolver por esse método. Chega a um ponto que eu travo. Por isso, só uso a regra de três, e os professores que conheço não usam também”.

Já o professor PPa2 disse usar as duas maneiras, ou seja, tanto a regra de três, quanto a análise dimensional e a álgebra de grandezas, mesmo não sendo explícito a utilização destes em suas respostas:

“eu uso os dois. Nesse momento, é bem híbrido. Eu tento mostrar pelo menos dois caminhos, quando percebo que o momento estimula isso”.

E continua:

“é importante colocar as unidades de medida, que é uma referência. Essas unidades compõem as respostas, mas os alunos não sabem o que é colocar as unidades de medidas. Eles querem padronizar as respostas de maneira macetosa, resolvendo os exercícios de uma forma rápida, certa e sem dor de cabeça”.

Quadro 16: As dificuldades no aprendizado de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
As dificuldades no aprendizado de Cálculo Estequiométrico	Até que ponto a falta de tempo (diminuição da Carga Horária) interfere no ensino de Cálculo Estequiométrico? Por que o professor não utiliza a problematização no ensino de Cálculo Estequiométrico? A não utilização de textos de divulgação científica contribui para que os alunos apresentem dificuldade na aprendizagem de Cálculo Estequiométrico? Até que ponto a falta de interpretação pode afetar o raciocínio proporcional? Até que ponto os conceitos envolvidos no ensino de Cálculo Estequiométrico contribuem para as dificuldades apresentadas pelos alunos? Por que os professores preferem utilizar a regra de 3 ao invés da álgebra de grandezas e a análise dimensional? O professor também apresenta alguma dificuldade relacionada ao conteúdo de Cálculo Estequiométrico? Até que ponto a defasagem dos alunos interfere na dificuldade apresentada por eles? Os alunos de escolas

²⁵ ROCHA-FILHO, Romeu C.; SILVA, Roberto R. da. **Cálculos Básicos da Química**. 4ª edição. São Carlos: EduFSCar, 2023.

	particulares também apresentam as mesmas dificuldades que os alunos de escolas públicas? Em que dimensão a matemática/raciocínio proporcional contribui para a dificuldade apresentada pelos alunos?
--	--

Com a implementação do Novo Ensino Médio a diminuição da carga horária e, conseqüentemente, a falta de tempo foram bastante apontados nas dificuldades no ensino de Cálculo Estequiométrico para os alunos. Como se já não bastasse a própria dificuldade do conteúdo e a dos alunos, essa escassez de tempo prevaleceu nos relatos dos 7 dos 10 professores entrevistados. Dessa forma, seguem algumas citações.

A professora PPU5 relatou:

“é impossível com uma aula por semana. Não dá tempo. Eu já tenho pouca aula e, às vezes, tenho que dar a aula do colega de Matemática, para conseguir dar o meu conteúdo. Temos feito isso todos os anos. Se pararmos para pensar teríamos que fazer um trabalho conjunto”.

Já a professora PPU2 desabafa:

“diminuí a carga. O tempo que tenho para trabalhar o conteúdo é menor. Assim não dou conta. Não tenho como. É impossível. Então, vou separar aquilo que acho mais importante com toda a sinceridade. É muito difícil”.

Isso é corroborado pela professora PPU8:

“às vezes, acho que faço mágica. Tento dar o essencial. O fundamental. E o que é fundamental? Então, é bem complicado”.

Com isso, a professora reclama que não consegue trabalhar, de maneira satisfatória, os exercícios dos conteúdos ministrados. Algo necessário para o aprendizado de Cálculo Estequiométrico: “o tempo a gente não tem”.

Outro professor que descreve a situação com descrença é o PPU3:

“eu olho para o Cálculo Estequiométrico e realmente não sei como conseguir explicar isso no Novo Ensino Médio, com todas as ideias, as habilidades e competências, além de outros conteúdos. Tudo isso em apenas uma aula”.

Essa fala da professora nos remete a um ponto que discutimos anteriormente, em relação à falta de padronização do que é ensinado aos alunos em determinados momentos de seu percurso acadêmico. Isso não existe. Pelo que percebemos cada professor escolheu o que acha mais importante e a partir daí ministra as suas aulas.

Outra dificuldade, que foi citada de maneira considerável, foi de interpretação dos exercícios propostos, ora pelos professores, ora pelos Livros Didáticos. Tanto no aspecto literal, quanto da interpretação matemática.

Dessa maneira, a professora PPU2, relata:

“aí o aluno esbarra não só na dificuldade da compreensão dos cálculos como na própria leitura. Isso já causa confusão. A própria leitura já é difícil. Aliás, a leitura é sofrível. Compreender o que está sendo pedido. Eles não têm paciência de ler e separar aquilo que a questão pode”.

E acrescenta:

“se o aluno não entendeu o que está sendo pedido na questão como é que você vai construir o cálculo em cima daquilo. Ainda mais, o Cálculo Estequiométrico, que tem uma lógica, mas você tem que compreender”.

A professora PPU5 acredita que a gravidade do problema, no ensino de Cálculo Estequiométrico, está na interpretação de texto, porque os alunos não interpretam o problema matemático. Por isso, não conseguem saber o que está sendo pedido:

“ou seja, o buraco é mais embaixo. Não é só a Matemática, mas a interpretação de texto também. Aí desamina”.

O professor PPU7 confirma em seu relato o que foi descrito acima, pois entende que a interpretação é muito importante no aprendizado da estequiometria:

“não sabem por onde sair. Vejo muito aluno bom, aluno que entende a Matemática, mas não sabe aplicar. Não sabe aplicar. Não sabe interpretar. Não consegue ler uma questão, tirar os dados e resolver”.

A professora PPU6 acredita que a pandemia contribuiu para o aumento da dificuldade na interpretação de texto.

“e com a pandemia deu uma baixada no conhecimento geral, nesses anos que eles ficaram *online*. Então, eles estão com um pouco de dificuldade da interpretação, de leitura. Com o uso de celulares, acredito que eles têm ficado mais preguiçosos”.

O professor PPU2 também concorda, quando relata:

“então, isso tudo traz a complicação. É nítido, que o aluno não sabe ler matematicamente, nem literalmente e nem interpretar. Ele não entende o que está sendo pedido. Aí o grau de dificuldade é gigantesco”.

Como se não bastasse a falta de tempo causada pela redução de carga horária e pela dificuldade dos alunos na interpretação de texto, a seguir foram

apresentados pelos professores entrevistados em conjunto de outros entrevistados pelos alunos, na perspectiva desses docentes.

Dentre eles, se destacam: a dificuldade que o próprio conteúdo de Cálculo Estequiométrico apresenta, a dificuldade na conversão de unidades a partir de suas grandezas e a defasagem em matemática, entre outros.

O professor PPU1 entende que o conteúdo de Cálculo Estequiométrico é o assunto mais difícil do ensino médio, tanto para o professor, quanto para o aluno. O que é corroborado pelo professor PPU8:

“tenho que ficar me desdobrando, consultar vários Livros Didáticos, várias obras. A realidade é que é desafiador. Sem dúvida é o assunto mais ‘cabuloso’ para os alunos, pois envolve muito pré-requisito. Nos conceitos químicos e no matemático”.

O professor PPU7 também segue o mesmo raciocínio do professor PPU1:

“o ensino de Cálculo Estequiométrico é muito difícil. Para os alunos é a morte. Quando falo a palavra estequiometria parece que falei um palavrão”.

Já o professor PPA2, apesar de achar a estequiometria meio “nebulosa”, acredita que o Livro Didático é um facilitador no ensino de Cálculo Estequiométrico:

“quem ali aquilo ali consegue entender. É lógico que tem que ter uma mediação, porque não é um conteúdo de fácil entendimento”.

Outra dificuldade bastante abordada pelos professores foi a de conversão de unidades, além dos conceitos de Constante de Avogadro – N_A , de mol, de massa molar e até de massa.

“percebo que eles têm muita dificuldade em fazer essas relações. Desde aí já se percebe as lacunas. Essas transições não são óbvias. Não são triviais”.

Da mesma forma, o professor PPU3 percebe as mesmas dificuldades dos alunos. Como ex-aluno da Universidade de Brasília sabe utilizar a análise dimensional. No entanto, segundo o professor, os alunos não estão acostumados com essa maneira de fazer as conversões:

“eles costumam só responder o número, sem unidade. Por isso, gasto muito tempo nessa parte e assim não consigo aprofundar o quanto eu gostaria no Cálculo Estequiométrico”.

A estratégia do professor PPU7 é evitar, de certa forma, as dificuldades fazendo com que no ensino médio, o aluno trabalhe com números que estão

familiarizados, procurando trabalhar mais com massa, com volume e com quantidade de matéria:

“porque se colocar a Constante de Avogadro aí já fica complicado. Acho que a notação científica deve ser utilizada quando o aluno estiver no 3º ano. Aí ele já estará mais familiarizado”.

O professor PPa1 relatou que a maioria de seus alunos confundem mol com molécula. Por isso, apresentam muita dificuldade em relação ao conceito de mol (quantidade de matéria). Isso também é percebido pela professora PPU6, que também vê na introdução do conceito de quantidade de matéria a parte mais sensível no ensino de Cálculo Estequiométrico.

“eles têm muita dificuldade de entender esse conceito. Aí vou conversando com eles sobre isso. Começo frisando bem o padrão de unidade de medida. A ideia do Submicroscópico, como átomos e moléculas, está relacionada com o conceito de mol (**quantidade de matéria**)” (PPa1, grifo nosso).

A defasagem em matemática foi um ponto bem explorado pelos professores entrevistados, especifica e, especialmente, no que diz respeito à notação científica.

Desse modo, a professora PPU2 relata:

“ao apresentar a Constante de Avogadro a coisa vai complicando. Trabalhar com potência de 10 é bem complicado para eles. E cada vez está mais difícil. E quando se fala em massa de moléculas ou massa de um átomo é confusão certa”.

O professor PPU3 foi direto e objetivo em seu relato:

“a notação científica eles não conseguem”.

O professor PPa2 afirma não criar grandes expectativas ao abordar a notação científica, tentando adequar o ensino desse conteúdo com o perfil dos alunos:

“se poucos estão conseguindo entender, tem que baixar um pouquinho para alcançar mais gente. Tenho esse cuidado”.

No entanto, faz a seguinte ponderação:

“a dificuldade encontrada é pela limitação matemática. E não estou falando do professor de Matemática, não. Mas do aluno que já tem a dificuldade, principalmente, no que está relacionado ao ensino de Cálculo Estequiométrico, na proporção, ao retirar as informações dos enunciados...”.

Em contrapartida, outros professores entendem que, se de alguma forma, o problema está na defasagem matemática desde o ensino fundamental, conforme relata o professor PPU1:

“e isso começa lá no ensino fundamental. O aluno é promovido durante os 9 anos, até chegar no ensino médio. Aí é complicado, porque ele não consegue dar a resposta dele e não vai resgatar a base. Ele não tem tempo par isso”.

A professora PPU8, apesar de atualmente lecionar em escola pública, já trabalhou em escolas particulares e fez a seguinte revelação em relação aos alunos destas escolas:

“ambos têm dificuldade em Matemática. Mesmo na escola particular os alunos tinham grande dificuldade. Não me venha falar que a pandemia estragou, não. Sempre tiveram essa defasagem. Não sabem fazer contas de divisão com vírgula, ou uma simples divisão normal com números inteiros”.

A professora acredita que o aluno necessita desenvolver o raciocínio matemático, pois é contra o uso de calculadora no ensino fundamental:

“calculadora é para quem já sabe fazer conta. Tem professor que deixa o aluno usar calculadora desde o ensino fundamental. O menino não tem raciocínio de proporção, por exemplo”.

A respeito das dificuldades a professora PPU8 fez o seguinte desabafo:

“confesso que estava meditando: como posso fazer para melhorar as minhas aulas de Cálculo Estequiométrico? Depois de minha última aula sobre Estequiometria percebi o desespero dos alunos. Sem entenderem. É frustrante. Eu tentei explicar de um jeito, de outro. Mesmo os alunos se esforçando não conseguiram entender. Eu os vi em sofrimento”.

Diferentemente da professora PPU8, que não acredita que a pandemia tenha provocado alguma dificuldade aos alunos em relação à defasagem em Matemática, alguns professores fizeram deram seguintes depoimentos:

“então, além de terem uma boa dificuldade em Matemática, ainda veio esse ano e meio para aumentar ainda mais esse buraco. É complicado demais (PPU1).

O professor PPa1 acrescenta:

“principalmente, depois da pandemia, que a gente está percebendo aí todos os desafios”.

Já o professor PPa2 também fez um desabafo seguido de uma previsão alarmante:

“é desesperador. Agora, a dificuldade é histórica. Estamos vivendo um momento em que estamos retornando da pandemia. Com essa

defasagem. Alguns especialistas já projetam que vamos demorar de quatro a cinco anos para realinharmos esses alunos, que perderam na pandemia”.

Nesse sentido, houve alguns relatos de professores daquilo que eles chamaram de reciprocidade nesse complexo processo ensino-aprendizagem.

Quadro 17: O relacionamento entre professores e alunos - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
O relacionamento entre professores e alunos	O professor, com o intuito de incentivar o aluno, pode provocar algum constrangimento neste fazendo, por exemplo, comentários desnecessários? Como o professor de química pode melhorar o ensino de Cálculo Estequiométrico, juntamente com o professor de matemática, a partir da reciprocidade de ambos? Até que ponto a dificuldade na aprendizagem do Cálculo Estequiométrico pelos alunos pode estar relacionada à falta de interesse destes? Os alunos realmente se dedicam a aprender o conteúdo de Cálculo Estequiométrico? A falta de maturidade do aluno pode interferir no aprendizado de Cálculo Estequiométrico? Como eram as aulas durante a pandemia?

Na fala de alguns professores o que ficou mais evidente foi a necessidade de se estabelecer um diálogo contínuo com os professores de Matemática e a disposição dos alunos em quererem aprender o conteúdo.

Os professores PPU1, PPU5 e PPA2 entendem que uma maneira de melhorar o processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico é trabalhar em conjunto com o professor de Matemática.

O professor PPU1 percebeu a falta de reciprocidade, por parte dos alunos em aprender Matemática:

“eu fico debatendo com os professores de Matemática: como é que vocês fazem? Porque, às vezes, os alunos não sabem dividir. E o pior é que não estão dispostos a aprender”.

Dessa forma, a professora PPU5 notou, que a falta dessa reciprocidade, às vezes, não ocorre com os alunos, mas com os professores de Matemática, que não se interessam em realizarem um trabalho conjunto:

“sentei com o professor de Matemática e apresentei a necessidade que os alunos tinham de aprender álgebra. Ele concordou. Mas quando entrei em uma turma, depois de uma aula de Matemática, percebi que o professor estava ensinando relações entre triângulos. Ou seja, os alunos estavam com dificuldade em realizarem as quatro operações básicas, mas o professor estava preocupado em trabalhar com triângulos”.

E acrescentou:

“não estou colocando a culpa nele, mas se não trabalharmos juntos não dará certo. Vou continuar parando a minha aula e revisando o conteúdo de Matemática”.

Enquanto isso, o professor PPa2 endossa:

“a nossa dificuldade é homérica, porque o tempo inteiro eu tenho que dar aula de Matemática e mostrar para o aluno onde está a dificuldade dele. E ele resistindo”.

Esse foi um ponto que nos chamou a atenção. A resistência do aluno em querer aprender, que foi denominado por alguns de reciprocidade, conforme relatado pelo professor PPa2:

“o aluno tem dificuldade, mas não quer aprender. É um negócio meio absurdo. Ao mesmo tempo em que, não entendendo, ele acha feio. Torce o nariz. Isso traz uma série de dificuldades, porque nessa reciprocidade, o processo de ensino-aprendizagem do CE, depende, também, muito desse sujeito chamado aluno”.

No entanto, o professor notou que:

“o aluno está sem paciência para aprender. Quando quer aprender, o quer de forma muito imediata”.

Essa falta de disposição do aluno em aprender foi percebida na fala de outros professores. De acordo com o professor PPU1:

“a maioria dos alunos vai ter dificuldade e não vai estar muito disposta a aprender”.

Já a professora PPU2 acredita que o resultado do processo ensino-aprendizagem passa pela resolução de exercícios:

“enquanto não se tem aluno fazendo exercícios, quebrando a cabeça, não tem aprendizado, porque é só com o a resolução de exercícios que os alunos vão perceber os seus pontos fracos”.

Esse cenário descreve uma situação delicada no ensino de estequiometria. A falta de interesse do aluno em aprender Cálculo Estequiométrico. Além disso, o professor deve ser cuidadoso ao tentar motivar o aluno, buscando utilizar palavras adequadas, para não correr o risco de provocar algum constrangimento, que foi percebido na fala do professor PPa2:

“quando o conteúdo é muito simples eu jogo para eles a responsabilidade: você vai errar isso aí, jovem? Você vai conseguir errar isso aí?”.

Neste tópico a reciprocidade foi trazida como uma condição importante para a qualidade no relacionamento em um ambiente escolar, podendo interferir no processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico.

Quadro 18: As dificuldades no ensino de cálculo estequiométrico envolvendo o raciocínio proporcional - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
As dificuldades no ensino de cálculo estequiométrico envolvendo o raciocínio proporcional	Na percepção do professor, qual a maior dificuldade do aluno no desenvolvimento do raciocínio proporcional? Qual a percepção do professor de química do Ensino Fundamental e do Ensino Médio no processo ensino-aprendizagem de matemática? Qual o grau de dependência da química em relação à matemática no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a origem dessas dificuldades que os alunos apresentam em relação à matemática? Como o professor de química tenta resolver isso? Por que o professor de química prefere utilizar a regra de 3 ao invés da álgebra de grandezas e a análise dimensional no ensino de Cálculo Estequiométrico? O aluno apresenta dificuldade na operacionalização do raciocínio proporcional? Os alunos costumam utilizar as unidades nos resultados das operações matemáticas?

Como discutido anteriormente, a respeito da dificuldade dos alunos em utilizar a Matemática básica, alguns professores também relataram a falta que determinados conteúdos dessa disciplina prejudica o ensino de Cálculo Estequiométrico.

Nesse aspecto, o professor PPU4 declarou:

“tenho percebido que o aluno tem que usar essa ferramenta chamada Matemática para entender os conceitos sobre o Cálculo Estequiométrico. À medida em que ele adquire esse conhecimento começa a se familiarizar, inclusive, com as reações químicas”.

E acrescenta:

“então, tenho notado uma certa rejeição do aluno na área de exatas, com Química, Física e Matemática, por causa dessas dificuldades, principalmente, por conta da Matemática. Por isso, a importância de reforçar a Matemática ao iniciar o ensino de Cálculo Estequiométrico”.

Já a professora PPU5 reclamou justamente dessa necessidade, quase obrigatória, de se reforçar, e porque não dizer, ensinar a Matemática para os alunos na introdução de cálculos básicos envolvidos no ensino de Cálculo Estequiométrico.

“é muita coisa nas costas do professor de Química. Ter que voltar no conteúdo de Matemática para ensinar Química. Isso não faz sentido. Tenho pouca aula e ainda tenho que dar a aula do colega”.

Com isso, a professora sugere uma solução:

“temos que sentar com o professor de Matemática. Começar com um diagnóstico inicial, ver as defasagens dos alunos, porque como professora de Química vou precisar dessa ferramenta chamada Matemática para ensinar o meu conteúdo. Não estou culpando o professor de Matemática, mas se não trabalharmos juntos acredito que não dará certo”.

A professora até apresenta uma certa empatia com alguns professores de Matemática, ao mesmo tempo em que faz uma revelação importante:

“é muito fácil reclamar do nível dos alunos que chegam no ensino médio sem nunca ter passado pelo ensino fundamental. Como gosto de conversa com os alunos, percebo essa angústia que eles têm em relação à Matemática. Mas também percebo que alguns professores têm o prazer em dizer que sua disciplina é a mais difícil”.

A professora PPU2 conhece bem essa experiência de ter lecionado matemática para o ensino fundamental, e declara:

“como dei aula de Matemática para o 6º ano do ensino fundamental, vejo que é muito difícil recuperar o aluno que já chega com uma defasagem, mas com muito esforço ainda se consegue recuperar. Agora, quando esse aluno consegue chegar no ensino médio muito defasado, é quase impossível essa recuperação”.

O professor PPa2 também reconhece a importância da Matemática, a dificuldade dos alunos, mas apresenta um certo otimismo, quando se trata em resgatar a Matemática no ensino de Cálculo Estequiométrico:

“é uma ferramenta adicional que temos. O tempo inteiro dependemos da Matemática, principalmente, na aplicação da regra de três, proporções, mas não ligo para essas dificuldades, não. O que me preocupa é a reciprocidade, que está muito capenga, muito falha. Os alunos, às vezes, não querem aprender o básico”.

Nesse momento, o professor se refere à reciprocidade como sendo a vontade do aluno em aprender o conteúdo ministrado.

Ao se abordar o raciocínio proporcional, a maioria dos professores costumam utilizar a receita de bolo, de pão de queijo e, até mesmo, do brigadeiro para ilustrarem situações relacionadas ao ensino de Cálculo Estequiométrico.

Com esse artifício, fica claro a disposição dos professores em fazer com que os alunos entendam esse conteúdo. No entanto, mais uma vez, a defasagem percebida nos alunos, em relação à Matemática, além da falta de reciprocidade dos alunos em aprenderem o raciocínio proporcional é notório.

O professor PPa2 acredita que no processo de ensino-aprendizagem deve existir um “vínculo” nesse relacionamento professor-aluno:

“qual o meu objetivo? Fazer o aluno aprender proporção. Como vou fazer? Acredito que no processo de ensino-aprendizagem tem que haver uma reciprocidade”.

Quanto à defasagem o professor PPU1 entende que:

“uma forma de melhorar a compreensão do raciocínio proporcional pelos alunos deve vir do ensino fundamental. Estou falando de operações básicas, de proporção”.

Isso é corroborado pelo professor PPU3:

“a lacuna está no ensino fundamental, porque os alunos aprendem regra de três no 7º ano”.

Com isso, a professora PPU5 chega à seguinte conclusão:

“o conteúdo já é difícil. Os alunos já não têm o requisito matemático. Aí desamina. Ou seja, a grande maioria não consegue achar que a Matemática está ali para ajudar, então, percebo que os alunos ficam desorientados. Tem um ou outro que entende a proporção e consegue, mas a maioria não sabe nem tabuada”.

Consequentemente, a dificuldade dos alunos, em Matemática, fica mais explícita, conforme relato da professora PPU2:

“eles têm muita dificuldade na notação científica. Quanto à proporção, um ou outro consegue atentar para isso”.

Enquanto isso, o professor PPU3 desabafa:

“é triste ver os alunos que não têm facilidade em aprender o Cálculo Estequiométrico por causa da Matemática”.

O professor PPU4 concorda:

“essa questão de proporcionalidade é a maior dificuldade. É onde a coisa pega, porque o professor tem que estar ensinando um conteúdo de fundamental importância, com o Cálculo Estequiométrico, por exemplo, em que é necessário que o aluno esteja familiarizado com a Matemática básica”.

O professor PPU7 segue a mesma linha:

“o conteúdo de Cálculo Estequiométrico já é complicado, porque tem Matemática e os alunos têm uma certa aversão a essa disciplina. Quem não tem facilidade sofre”.

Por isso, o professor PPU1 acredita que uma das maneiras de tentar melhorar esse processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico passa pela resolução de exercícios:

“é claro que tem que fazer exercícios, porque só ficar na teoria não funciona. Acho isso uma parte importante. Ainda mais quando se refere ao Cálculo Estequiométrico. Primeiramente, porque já envolve cálculo matemático. Os alunos já ficam de cabelo em pé. Segundo, se não tiver exercício o aluno vai ficar só na teoria, nas regrinhas”.

A contextualização adotada pelos professores entrevistados, em sua unanimidade, utiliza as receitas de bolo, de brigadeiro e até mesmo de pão de queijo, na tentativa de facilitar o ensino de Cálculo Estequiométrico. O professor PPa1 acredita nessa abordagem:

“naturalmente, eles já têm dificuldade em Matemática. Tento aproximar ao máximo da realidade deles. Assim, se eles souberem fazer proporção com coisas do dia a dia deles, eles saberão fazer a proporção em uma receita”.

O mesmo raciocínio é defendido pela professora PPU8:

“acredito que uma receita de bolo ajuda, pois tudo que o aluno vai fazer tem uma proporção. A dificuldade não está nisso, mas no raciocínio que envolve o cálculo, a regra de três, a interpretação de texto. Aí eles apresentam muita dificuldade”.

Na tentativa de melhorar essa contextualização o professor PPa2 aborda as unidades de determinadas grandezas:

“faço uso e abuso das potências de dez. O tempo inteiro. Uso o quilo, o mega, o giga, o tera, o miligrama, o micrograma. Aí estimo que a transformação de unidade deixa de ser uma proporção pelo fator de conversão e passe a ser pelos prefixos”.

A professora PPU8 acredita que um possível facilitador no estudo de Cálculo Estequiométrico é saber desenvolver a regra de três:

“é desenvolver o raciocínio. Se o aluno sabe raciocinar, saberá desenvolver a regra de três. Eu sempre priorizo o raciocínio para regra de três”.

No entanto, a professora PPU8 traz um relato mais realista ao se referir sobre o ensino de Cálculo Estequiométrico no ensino médio:

“considero um dos conteúdos mais difíceis, juntamente com soluções. Tudo que envolve cálculo é um dificultador para os alunos de 1º ano, que muitas vezes, são imaturos para entenderem esse nível de Matemática”.

Como se não bastasse a dificuldade que a própria Matemática representa no ensino de Cálculo Estequiométrico, o professor PPa1, ainda acrescenta as dificuldades que podem surgir e que estão relacionadas aos conceitos químicos como, por exemplo, o mol.

“quando tento introduzir o conceito de mol, de moléculas... se algo mecânico ou se absorvem isso de forma mecânica, os alunos não vão entender. Aí é difícil”.

Quadro 19: O empenho de alguns alunos no processo de ensino - aprendizagem de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
O empenho de alguns alunos no processo de ensino - aprendizagem de cálculo estequiométrico	O aluno pode ter um bom desempenho no ensino de Cálculo Estequiométrico? Por que alguns alunos se interessam pelas disciplinas eletivas (Novo Ensino Médio) voltadas ao ensino de química?

Para o professor PPU4, os alunos apresentam dificuldade no aprendizado de CE, principalmente, por não dominarem o básico da matemática. Além disso, seria necessário também compreenderem melhor a simbologia envolvida em uma reação química.

“dessa forma, trago essa discussão para a sala de aula, identificando determinado produto, e em seguida utilizo uma reação, separadamente, com mais critério, utilizando a matemática para fazer uma abordagem mais quantitativa”.

Enquanto isso, a professora PPU5 acredita na necessidade de um diálogo, que deve ser firmado entre o professor de Química e o de Matemática, para que, juntos busquem um melhor alinhamento na abordagem do ensino de Cálculo Estequiométrico.

“se conversássemos com o professor de Matemática, com uma questão de proporção, acho que seria legal conciliar. Teria, também, a notação científica... senão fica muita coisa para o professor de Química”.

E acrescenta utilizando o Livro Didático como exemplo:

“o Livro Didático é ruim, mas tento mostrar para os alunos que os cálculos matemáticos fazem muito sentido. Ao mesmo tempo, é um pouco distante deles, ainda mais em Brasília que não tem indústria, ou seja, os alunos não vão trabalhar na área industrial. Talvez, se eu estivesse dando aula em Minas Gerais isso faria mais parte do dia a dia deles”.

Já o professor PPa1 também se queixa dessa necessidade de ensinar a matemática para poder ensinar o Cálculo Estequiométrico. Ainda mais se utilizarem a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas na explicação:

“ao ensinar o Cálculo Estequiométrico utilizando a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas, se coloca muito passo a passo, além de conter vários cortes das unidades. Aí você vê uma conta cheia de cortes. Tem aluno que não vai saber o que é aquele corte. Eu tento explicar porque há o corte das grandezas e tudo mais, eu tenho que dar uma miniaula de Matemática para eles entenderem”.

O professor PPa2 acredita que a Química é muito dependente da Matemática, que deve ser vista como uma ferramenta adicional, ao mesmo tempo que traz consigo as suas dificuldades:

“o tempo inteiro, na dependência da Matemática, seja em funções simples ou em proporções”.

Poucos professores, em suas entrevistas, também relataram que, apesar de toda a dificuldade, tanto na Matemática, quanto na Química, alguns alunos se mostraram empenhados em aprender o Cálculo Estequiométrico, buscando, por exemplo, disciplinas eletivas disponíveis no Novo Ensino Médio, que trabalham com a resolução de questões do PAS, conforme descreve a professora PPU6:

“as eletivas de resolução de questões do PAS foram muito procuradas. Nessas disciplinas estão os alunos mais focados, mais centrados”.

Quadro 20: O uso de álgebra de grandezas e de análise dimensional no ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
O uso de álgebra de grandezas e de análise dimensional no ensino de cálculo estequiométrico	Quantos professores cursaram e utilizaram Cálculos Básicos da Química ou equivalente? Quais as opiniões dos professores que utilizam ou tentaram utilizar a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a importância da Álgebra de Grandezas e da Análise Dimensional para auxiliar os alunos no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a receptividade dos alunos ao terem contato com a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional? Qual a demanda de tempo para o ensino de Cálculo Estequiométrico utilizando a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional? Qual a tentativa de melhorar o ensino de Cálculo Estequiométrico utilizando a Álgebra de Grandezas e a Análise Dimensional? Como outras dificuldades podem interferir no ensino de Cálculo Estequiométrico com a utilização de Álgebra de Grandezas e de Análise Dimensional?

A pesquisa apresentou um ponto interessante em relação ao uso de Análise Dimensional e da Álgebra de Grandezas no ensino de Cálculo Estequiométrico. Dos dez professores entrevistados, dois são ex-alunos da UnB e, por esse motivo, tiveram a oportunidade de cursar a disciplina Cálculos Básicos da Química, mas declararam não utilizarem essa metodologia no ensino da estequiometria.

Durante as entrevistas um dos professores disse que tentaria abordar a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas ainda em 2023, já que na primeira vez que tentou foi frustrante para ele e traumatizante para os alunos.

Os outros oito professores não tiveram a oportunidade de cursar a disciplina de Cálculos Básicos da Química, ou uma equivalente. No entanto, desses oito, três tiveram conhecimento dessa metodologia matemática após terminarem a graduação em Química. Ou conhecendo a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas através de cursos de extensão oferecidos pela UnB, ou por intermédio de outros professores de Química.

Ainda, nesse universo de oito professores, apenas o professor PPa1, que não cursou a disciplina Cálculos Básicos da Química, ou equivalente, disse utilizar essa metodologia em sala de aula ao ensinar o Cálculo Estequiométrico.

A respeito desse breve levantamento apresentaremos a seguir o relato de alguns professores que justificaram suas posições, quanto ao uso, ou não, da Análise Dimensional e da Álgebra de Grandezas.

O professor Ppu1 conta sua experiência ao tentar abordar a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas, no mesmo ano em que ingressou na Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal - SEEDF:

“quando entre na SEEDF, em 2020, a primeira coisa que conversei com os alunos foi sobre a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas. Eles ficaram meio perdidos, não sabiam muito bem do que se tratava. Nunca tinham visto aquilo na vida. Não sei se foi adequado chegar falando sobre esse assunto. Talvez eu devesse, a partir de um certo conteúdo, utilizar esse artifício”.

Mesmo assim, o professor Ppu1 acredita que utilizar a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas traria para o aluno uma melhora na aprendizagem, por se tratar de um método mais prático, ou seja, o aluno passaria a ter noção do que estaria sendo solicitado:

“acho que ajudaria o aluno, porque ele consegue fazer várias regras de três de uma vez só. Colocando as grandezas e os valores em uma só linha, e depois, com as devidas manipulações conseguiria cortar e encontrar a grandeza desejada, de acordo com o que foi pedido no problema ou no exercício”.

Mesmo assim, o professor Ppu1 percebe que a tendência dos alunos ainda é de utilizarem a regra de três, por se sentirem mais habituados, mais

confortáveis, porque não dizer, mais seguros. Por não terem um certo controle sobre aquilo, eles acham que vão errar.

Já a professora PPU2 conheceu a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas em um curso de extensão da UnB nos idos de 2005, mas não faz uso desse método, mesmo acreditando na sua funcionalidade.

“acho que facilitaria desde que houvesse tempo para trabalhar a parte teórica e fazer bastante exercícios, que são essenciais”.

O professor PPU3, que foi aluno da UnB e, por isso, de alguma forma, teve contato com a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas, não utiliza essa metodologia porque acredita que os alunos não se adaptariam:

“a minha maior dificuldade com os alunos é sobre as unidades. Os alunos não estão acostumados a trabalharem com unidades, não as utilizam para nada. Costumam responder apenas o número sem unidade. Por isso, gasto muito tempo nessa parte e não consigo aprofundar o quanto gostaria no ensino de Cálculo Estequiométrico”.

E acrescenta ainda:

“até mostrar para os alunos a importância de eles entenderem, ou de mostrar a notação científica de uma outra forma, mostrando a importância da unidade, gastava-se muito tempo, sendo que havia outros conteúdos para serem ensinados. Então, a minha estratégia era explicar até um certo ponto e deixava claro o caminho, colocando-me à disposição no final da aula, mas ninguém me procurava”.

A professora PPU5 foi mais incisiva quanto ao uso da Análise Dimensional e da Álgebra de Grandezas:

“eu nem sei fazer isso. Não aprendi assim e não aprendi a ensinar dessa forma. Também não vejo isso nos Livros Didáticos”.

No entanto, fez a seguinte ponderação:

“se fosse usar teria que preparar uma aula e fazer uns testes em sala de aula para ver o retorno dos alunos. Para entender se isso iria auxiliar ou não. Pode ser que eu esteja enganada e perceba que isso é muito melhor, mas nunca tentei”.

O professor PPA1, por sua vez, tenta demonstrar uma praticidade nas aulas de Cálculo Estequiométrico, apesar de ser trabalhoso:

“mostro para eles que se consegue fazer essas relações com unidades. Aí parto para as equações químicas. Antes disso, faço o balanceamento. Tento fazer algo mais elementar. Morro de preguiça, mas sempre faço para eles”.

O professor PPA1 acredita, ainda, que a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas funcionam como uma prova real. Dessa maneira, os alunos

conseguem entender onde e porquê erraram, diminuindo a incidência desses erros, à medida em que vão treinando.

“acho fundamental a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas. Isso é uma proteção contra o erro. Só que o aluno tem que entender qual a grandeza está sendo trabalhada. Se ele não souber isso, não vai fazer a menor diferença”.

Enquanto isso, o professor PPU7, mesmo acreditando que a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas facilitariam, utiliza apenas a regra de três, por entender que esta metodologia é mais aceita e difundida entre os professores e os alunos.

“adoto puramente a regra de três, até porque os professores que conheço não usam a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas. No entanto, eu conheço escolas em Minas Gerais que só utilizam a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas. Até tive alunos, quando fui professor da graduação, que só utilizavam a Análise Dimensional na estequiometria e nos cálculos de concentração. Não utilizavam a regra de três, mas era uma minoria. Isso foi há uns quatro anos”.

O professor PPU7 acredita que seria necessário realizar um trabalho paulatino e contínuo para a adoção da Análise Dimensional e da Álgebra de Grandezas, pois os alunos e os professores vêm trabalhando com a regra de três desde o ensino fundamental.

“eles vêm falando de regra de três o tempo todo, de repente, você chega com a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas, aí bagunça a cabeça do aluno. Tentei ensinar uma vez a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas e o estudante não conseguiu entender. Quando fui para a regra de três ele entendeu. Acho que é uma questão de treino”.

A professora PPU6, ex-aluna do curso de licenciatura em Química da UnB, é mais contundente, quando o assunto é a adoção da Análise Dimensional e da Álgebra de Grandezas na resolução de exercícios:

“tem professor que gosta de trabalhar com o Fator de Conversão, mas eu não gosto. Acho mais fácil entender por regra de três. Fiz uma disciplina durante o semestre sobre Análise Dimensional e Álgebra de Grandezas, mas acho que a regra de três é muito mais fácil de entender”.

De maneira semelhante ao professor PPU7, a professora PPU6 acredita que a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas têm seu lado positivo e que seria até interessante utilizá-las, mas vê que a dificuldade se encontra no desenvolvimento desse método:

“no final é bem mais fácil, porque você sai cortando tudo, mas até montar todos os fatores de conversão... acho que isso é mais complicado do que no final. O problema é a montagem”.

Já para a professora PPU8, a dificuldade de se adotar o Fator de Conversão na Análise Dimensional e na Álgebra de Grandezas, remete à dificuldade que o aluno apresenta na própria Matemática básica. Por isso, justifica sua preferência, também, na utilização da regra de três.

“conversão de unidades de quilograma para grama? Não sabem fazer! Como vão fazer Cálculo Estequiométrico se não sabem fazer isso? Se não voltar na Matemática, ou seja, os alunos não têm noção de proporção. Parece que é algo fora da realidade deles”.

A professora PPU8, assim como os professores anteriores, também acredita nos benefícios que a Análise Dimensional e a Álgebra de Grandezas trariam, mas não para todos os alunos.

“acho que a Análise Dimensional facilitaria, mas para que já tem um raciocínio mais adiantado, porque ele já consegue ver se errou ou não na prova real. Agora para o aluno que não sabe nem regra de três, não! Acho que ele tem que saber o raciocínio primeiro”.

Quadro 21: A percepção dos professores sobre a fragilidade, pós-pandemia, de alguns alunos - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
A percepção dos professores sobre a fragilidade emocional, pós-pandemia, de alguns alunos	Qual o comprometimento do aluno em um formato híbrido de ensino? Qual o nível de fragilidade emocional apresentada pelo aluno, pós-pandemia? Até que ponto esta fragilidade interfere na vontade do aluno em aprender? Até que ponto, o uso de aparelho eletrônico contribui para um ensino pouco efetivo?

Este tópico, a princípio, não fazia parte do escopo desta pesquisa, mas de alguma forma, foram observados alguns apontamentos, oferecidos principalmente pelo professor PPa2, que nos apresentou um olhar mais atento para esse assunto.

Para este professor, as aulas, durante e após a pandemia, apresentaram um “formato de aprender diferente”, no qual o compromisso, a ética e a responsabilidade estudantil estão muito fragilizados.

Além disso, fez questionamentos sobre o estado emocional dos alunos, que frequentemente são surpreendidos chorando nas salas de aulas e nos corredores da escola.

“o que está acontecendo com essa geração? Quando chego à escola, sempre vejo uma professora conversando com um aluno fora da sala

de aula. Aquele menino vermelho e soluçando, do ensino médio, e que está sofrendo emocionalmente, é encaminhado ao Serviço de Orientação Educacional (SOE) para que se possa entrar em contato com os pais. Isso está acontecendo quase que diariamente”.

O professor acredita que o comportamento dos estudantes durante a pandemia contribuiu para a fragilização que se vê hoje, pois esse aluno não se via pressionado no desenvolvimento das atividades. Muitos alunos, inclusive, não assistiam as aulas.

“isso do aluno estudar em casa, com aquela aula pelo *Google Meet*²⁶, em uma turma de quarenta, mas que só compareciam dez ou doze, quando muito. Ou seja, tudo certo para dar errado. Então, os alunos liam o formulário no *Google Forms*²⁷ as perguntas e pesquisavam na internet a resposta”.

E complementa:

“há plataformas que disponibilizam a resolução das questões e suas respostas. Então, além de terem uma boa dificuldade em Matemática, ainda veio esse um ano e meio para aumentar mais esse buraco. É complicado demais”.

Para a professora PPU6, a pandemia comprometeu o aprendizado do aluno, tanto no que diz respeito ao uso de aparelhos celulares, quanto ao desenvolvimento, ou desenvoltura, que o aluno deveria apresentar.

“com a pandemia o conhecimento geral deu uma baixada. Os alunos estão com dificuldade de interpretação, de leitura. O uso de celulares tem feito eles ficarem mais preguiçosos, em relação a isso”.

Apesar de tudo isso, é interessante destacar que um bom relacionamento entre o professor e o aluno pode interferir no aprendizado de forma positiva. Isso pode estimular um comportamento de reciprocidade, que se espera no processo ensino-aprendizagem.

Nas entrevistas realizadas alguns professores apontaram a importância de se construir uma certa empatia com os alunos e da necessidade, e importância, que isso tem em um relacionamento escolar, gerando um bem-estar emocional para ambos.

²⁶ Aplicativo gratuito do Google® que possibilita realizar uma comunicação por vídeo, à distância, entre o professor e os alunos. https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Meet. Acessado em 02/10/2023.

²⁷ É um aplicativo de gerenciamento de pesquisas lançado, no qual o usuário pode realizar coletas de informações, além de questionários e formulários de registro. https://pt.wikipedia.org/wiki/Google_Forms. Acessado em 02/10/2023.

Quadro 22: A tentativa do professor em melhorar o ensino de cálculo estequiométrico - perguntas de reflexão

Código Conceitual	Perguntas de Reflexão
A tentativa do professor em melhorar o ensino de cálculo estequiométrico	Qual a preocupação do professor ao incluir alunos, no contexto da turma, para uma melhor aprendizagem no ensino de Cálculo Estequiométrico? Qual a importância no uso de textos de divulgação científica no ensino de Cálculo Estequiométrico?

Outro tópico que também não fazia parte do escopo inicial desta pesquisa, mas que emergiu dos relatos de alguns professores, se refere ao esforço apresentados por estes para que os alunos venham a ter um melhor aprendizado.

Para o professor PPa2 uma das maneiras para que isso ocorra passa por um acolhimento, mas que foi ressaltado por ele como uma inclusão:

“a escola tem um cuidado com a inclusão. Essa preocupação é necessária, pois a sociedade precisa incluir as pessoas, ter olhares diferenciados para o mundo”,

De uma maneira mais específica, o professor PPa2 relata algumas inclusões que ocorrem na escola com uma certa frequência:

“temos muitos meninos com dificuldades extremas. Sempre achei encantador o instituto da inclusão. Inclusão pela deficiência intelectual, alunos com o Transtorno do Espectro Autista (TEA), tendo que fazer adaptações no dia a dia. Há um grande grupo com essa heterogeneidade. Alguns com adaptações relativas outros com adaptações extremas”.

Outro ponto, que pode ser visto como um esforço por parte dos professores PPU2 e PPa2, se refere à utilização de textos de Divulgação Científica (DC), como por exemplo os artigos, em uma tentativa de facilitar a abordagem e o aprendizado do Cálculo Estequiométrico, conforme os relatos:

“antigamente, costumávamos utilizar mais textos para falar do dia a dia. Hoje, é muito difícil. Não dou conta e não faço. Não tenho tempo” (PPU2).

“usamos textos da UnB, de Divulgação Científica, para o aluno passar na peneira, no crivo. Por exemplo, fala-se de nanotecnologia. É preciso estimular essa linguagem. Ela é primeira e vem antes, inclusive, do ensino de Cálculo Estequiométrico” (PPa2).

A análise dos dados resultou na elaboração de 12 códigos conceituais, a saber:

1. a abordagem da problematização e da contextualização no ensino de cálculo estequiométrico;

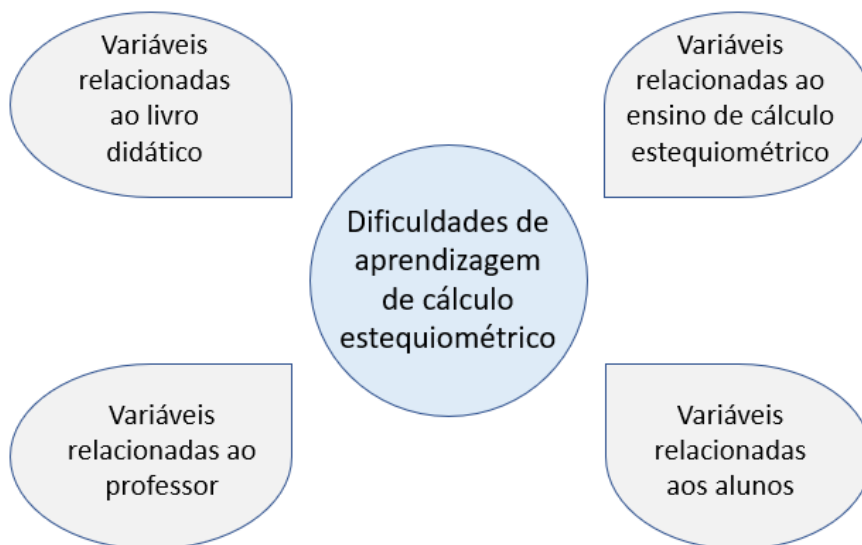
2. o uso de livros didáticos;
3. o ensino de cálculo estequiométrico;
4. a utilização da metáfora e da analogia nas aulas e nos livros didáticos;
5. a mecanização no ensino de cálculo estequiométrico;
6. as dificuldades no aprendizado de cálculo estequiométrico;
7. o relacionamento entre professores e alunos;
8. as dificuldades no ensino de cálculo estequiométrico envolvendo o raciocínio proporcional;
9. o empenho de alguns alunos no processo de ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico;
10. o uso de álgebra de grandezas e análise dimensional no ensino de cálculo estequiométrico;
11. a percepção dos professores sobre a fragilidade emocional, pós-pandemia, de alguns alunos;
12. a tentativa dos professores em melhorar o ensino de cálculo estequiométrico.

Esses códigos conceituais permitem uma visão mais teórica do conjunto de variáveis que interferem no ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico. Esses códigos conceituais podem ser agrupados, então, em 4 categorias teóricas inter-relacionadas, a saber:

1. variáveis relacionadas ao livro didático;
2. variáveis relacionadas ao ensino de cálculo estequiométrico propriamente dito;
3. variáveis relacionadas ao professor;
4. variáveis relacionadas ao aluno.

Dessa maneira, a partir dessas 4 categorias teóricas é possível formar uma categoria mais abstrata que denominamos de Dificuldades da Aprendizagem de Cálculo Estequiométrico.

Figura 9: Levantamento de variáveis que interferem no ensino - aprendizagem de cálculos estequiométricos



Fonte: elaborado pelos autores

As possíveis soluções para a melhoria do ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico devem, em princípio, englobar os 4 conjuntos de variáveis simultaneamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao serem questionados quanto à problematização e a contextualização no ensino de Cálculo Estequiométrico, a maioria dos professores que aborda esse assunto, recorre às receitas culinárias de um modo geral. As que mais se despontaram nas citações foram as receitas de bolo, de brigadeiro e de pão de queijo.

Acreditamos que o conhecimento envolvido no ensino de Cálculo Estequiométrico vai além de uma simples receita. Deve aproximar o aluno à sua realidade na busca dessa contextualização, tornando a aprendizagem mais significativa e, dessa forma, contribuindo para o desenvolvimento do estudante com foco em uma participação cidadã na realidade em que está inserido.

Uma das tentativas de abordagem contextualizadas é a demonstração experimental, mesmo que seja feita em sala de aula, com objetos e reagentes simples como, por exemplo, balança, papel e esponja de aço. Sempre fomentando nos alunos um questionamento, de modo que a curiosidade seja aguçada.

Nesse aspecto, os Livros Didáticos deveriam contribuir, mas infelizmente, não é isso que se percebe. Ainda mais se tratando das “obras” sugeridas pelo Novo Ensino Médio, que se mostraram muito resumidas, com pouco aprofundamento nos conteúdos e, aparentemente, um recorta-cola de edições publicadas antes da implementação desse novo sistema educacional. A impressão é que os autores e as editoras não tiveram o cuidado de produzirem coleções voltadas para essa nova proposta do ensino médio, o Novo Ensino Médio. Acreditamos que essa diferença do material didático pode refletir no melhor desempenho, ou não, do aluno na aprendizagem de Cálculo Estequiométrico.

Interessante ressaltar que as escolas particulares e o colégio militar, representados pelos professores entrevistados, continuam a utilizarem o livro didático convencional e não o proposto pelo Novo Ensino Médio. Isso é possível, porque a grade horária dessas escolas é diferenciada das escolas públicas que, para implementarem o Novo Ensino Médio, diminuíram a carga horária das disciplinas pela metade. Enquanto as escolas particulares e o colégio militar, de

modo geral, mantiveram a carga horária das disciplinas, acomodando o Novo Ensino Médio no turno contrário, as escolas públicas tiveram que encaixar os itinerários formativos no mesmo turno das disciplinas convencionais.

Por esse motivo, professores das escolas públicas relataram não conseguir utilizar o livro didático adotado. E, quando o utilizavam, era apenas para a resolução de alguns exercícios. Dessa forma, muitos professores disseram preferir, como livro base, as edições, de livros didáticos, anteriores da implementação do Novo Ensino Médio.

Há de se destacar, também, na percepção dos professores, uma maior desmotivação, pós-pandemia, dos alunos em relação ao ensino médio, de um modo geral, pois não se sentem estimulados. O que é corroborado por Gasparin (2007), que acredita que o estímulo existe a partir do momento em que o aluno liga o que sabe com o que crê, mas que ainda não está em seu domínio.

Essa mudança sensível na rotina das escolas públicas, principalmente, refletiu nos professores uma aparente desesperança em relação à educação, pois não acreditam no sucesso desse novo modelo de ensino médio que foi implantado. Para ilustrar essa situação utilizamos a fala do professor PPU1, que ao se referir ao Novo Ensino Médio afirmou: “tudo certo para dar errado”.

Assim, o ensino de Cálculo Estequiométrico é visto como um grande desafio pela totalidade dos professores entrevistados que precisam trabalhar com uma quantidade excessiva de conteúdo, ao mesmo tempo em que a devida contextualização não é praticada. Por isso, a sensação de desânimo ficou nítida na fala de todos os professores, mesmo os de escolas particulares e militar.

Nesse contexto, da maneira que o cálculo estequiométrico é ensinado, de que modo esse assunto impacta na vida de um aluno de ensino médio hoje?

Sabemos que para essa pergunta não há uma resposta fácil, mas concordamos com Ferreira (2019), quando afirma que:

“[...] o cotidiano do sujeito pode ser fonte de conhecimento necessário para existir uma interdisciplinaridade entre as áreas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias [...], um ensino com essa característica tenderá a fazer maior sentido na vida do aluno, além da interação entre os conteúdos pertinentes das outras áreas do conhecimento que contribuem nesse processo de ensino-aprendizagem. (Ferreira, 2019, p. 85).

Talvez isso se traduza no que o professor PPa2 chamou de “falta de reciprocidade”, por parte, principalmente, do aluno. Ou seja, ele não sabe o conteúdo, mas também não quer aprendê-lo. Não há nele um interesse em aprender Ciências, ou mesmo o raciocínio proporcional, por exemplo.

Outro aspecto a ser considerado se refere à abordagem da analogia e da metáfora pelos livros didáticos. Definitivamente, essa abordagem é ruim! E para alguns professores entrevistados ela, simplesmente, não acontece. Pois os livros didáticos, bem como os professores, estariam mais preocupados em transmitir um conhecimento técnico.

E quando essa analogia e metáfora são percebidas, o exemplo que vigora, de maneira unânime, é o da receita de bolo, com as suas proporções envolvidas na produção de alimento, seja para mais ou para menos.

Sabemos que o uso adequado das analogias e das metáforas é muito proveitoso para o aluno, no entanto, é preciso saber usar isso adequadamente na busca de um aprendizado mais significativo.

Em uma outra tentativa de se promover o processo ensino-aprendizagem, nos deparamos com uma situação em que os professores tentam alcançar essa excelência resolvendo exercícios de maneira excessiva, o que chamamos de mecanização no ensino de cálculo estequiométrico. Os poucos professores que conseguem se utilizar dessa situação percebem, muitas vezes, a sua ineficiência, por não considerarem um ponto crítico: ao aluno não foi apresentado, ou simplesmente, não entendeu o fenômeno químico envolvido.

Na tentativa de “melhorar” isso, praticamente todos os professores entrevistados se mostraram adeptos da regra de três como uma forma de resolverem os problemas de estequiometria propostos.

Isso se deve também à outra dificuldade apresentada pelos alunos, quando esse assunto é abordado. A grande maioria dos estudantes apresenta dificuldades em converter as unidades a partir de suas grandezas, devido a alguma defasagem em matemática.

No entanto, há alunos que apesar de toda dificuldade, a partir dos relatos dos professores, se mostram interessados em aprender a estequiometria, tanto

na Formação Geral Básica, quanto nos itinerários formativos, como nas disciplinas denominadas eletivas ou trilhas, conforme dispõe a organização do Novo Ensino Médio. Para essas disciplinas específicas a maioria dos alunos estão dispostos a se aprofundarem nos cálculos estequiométricos.

Outra dificuldade passa pela confusão de conceitos que, de alguma forma, apresentam semelhanças em suas nomenclaturas como, por exemplo, os conceitos de quantidade de matéria (mol) e molécula. Além disso, como dissemos anteriormente, cada professor ensina de uma maneira que entende ser fundamental no cálculo estequiométrico, ou que acha mais interessante. Então, aqui aproveitamos para deixar uma pequena reflexão: o que seria realmente importante ensinar para os alunos em relação à estequiometria, mas que trouxesse a ele um entendimento melhor do mundo em que vive, ao mesmo tempo que pudesse desenvolver uma criticidade adequada em relação a esse contexto?

Dessa forma, o uso excessivo da regra de três se restringe a uma proporção direta, enquanto o fator de conversão é deixado de lado, tanto pelos alunos, quanto, principalmente, pelos professores. Estes, na sua maioria, não gostam de utilizar a análise de grandezas e a análise dimensional, mesmo aqueles que tiveram a oportunidade de cursarem a disciplina Cálculos Básicos da Química.

Ainda em relação à análise dimensional e a álgebra de grandezas, os professores não fazem uso dessa metodologia, como foi citado anteriormente. Ou porque não conhecem, ou simplesmente, acham mais difícil a utilização, preferindo assim, o uso da regra de três. Um detalhe interessante é que os conhecedores dessa metodologia acreditam que a análise dimensional e a álgebra de grandezas auxiliariam o aluno em uma resolução de exercícios.

Ao nos debruçarmos sobre o objetivo desta pesquisa, que pretendia, inicialmente, identificar as variáveis associadas à aprendizagem insatisfatória dos alunos em relação ao cálculo estequiométrico, notamos que essa dificuldade não se encontra apenas nos alunos, mas acreditamos que estão, também, nos professores ao tentarem ensinar este conteúdo.

Não se trata de atribuir culpa a quem quer que seja. Não é essa a nossa intenção. Mas, durante as entrevistas percebemos que cada professor abordava o ensino de Cálculo Estequiométrico da maneira que entendia ser mais conveniente, mais profícuo. Ou seja, não há uma homogeneidade nessa abordagem. No entanto, em algumas situações, se mostraram pouco assertivos. E o insucesso é atribuído aos alunos.

Para se justificar esse fracasso, os motivos foram vários. Desde a falta de pré-requisito dos alunos, passando pela forma mecanizada do ensino de Matemática, tendo sua origem no ensino fundamental. A deficiência nas interpretações de texto, sem contar os livros didáticos cada vez mais simplificados e com pouco aprofundamento em conteúdo, principalmente, os oferecidos pelo Novo Ensino Médio.

Outro ponto importante, é lembrar que a apropriação de um conhecimento, como o cálculo estequiométrico, não ocorre pela simples transmissão de informações e nem a caracteriza como um produto acabado e inquestionável. Ou seja, é um processo contínuo e árduo, que deve ser vivenciado de forma concreta no nosso dia a dia.

Curiosamente, muitos professores preferem não ter que lidar com essa discussão, a respeito desse assunto tão espinhoso, mas que ao mesmo tempo é necessário e está tão presente e próximo de nós.

Entendemos que o processo de ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico é sim complexo, mas nem por isso nos vimos privados, ou mesmo intimidados de abordarmos esse tema junto aos colegas entrevistados. Muito pelo contrário, a cada entrevista novos questionamentos surgiam.

As entrevistas, muitas vezes, se confundiam com conversas descontraídas, que ocorreram, geralmente, em ambientes calorosos e acolhedores, tanto nas escolas, de maneira presencial, como virtualmente.

Sabemos da dimensão que é a dificuldade no ensino de cálculo estequiométrico e que isso não se esgotará em uma simples dissertação. Por isso, não temos a intenção de solucionarmos os problemas relacionados ao processo de ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico, mas acreditamos que há uma necessidade de iniciarmos uma discussão ampla, profunda e sincera

sobre os aspectos abordados nesta dissertação, além de outras que, eventualmente possam surgir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Josyane B.; FERREIRA, Darlene T.; FREITAS, Nádia M. da S. Os Três Momentos Pedagógicos como possibilidade para a inovação didática. **XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, p. 1-9, 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=os+tr%EAs+momentos+pedag%F3gicos>. Acesso em: 6/6/2022.

AGUIAR, Carlos Eduardo P. **Contribuições da contextualização e modelagem sob o enfoque simbólico-matemático no processo de ensino-aprendizagem da estequiometria**. Orientador: Prof. Dr. Roberto Barbosa de Castilho. 2017. 164 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Amazonas. Manaus - AM, 2017.

ALEGRO, Regina C. **Conhecimento prévio e aprendizagem significativa de conceitos históricos no ensino médio**. Orientador: Prof. Dr. José Augusto da Silva Pontes Neto. 2008. 239 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Educação. Universidade Estadual de São Paulo. Marília - SP, 2008.

ANDRADE, Ângela C. S.; SUSSUCHI, Eliana M.; MAGALHÃES, Carla N.; PIOVESAN, Ângela F. Analogias e metáforas no ensino e aprendizagem do conceito de átomo: breve análise em livro didático. **Scientia Plena**. Sergipe, v. 10, n. 4, p. 1-9, 2014.

AYRES-PEREIRA, Terezinha I.; VACILOTO, Naãma Cristina N.; PAULINO, Ana Carolina de A.; MARCONDES, Maria Eunice R. O cotidiano como contexto para o ensino de transformações químicas. **Indagatio Didactica**. Aveiro, v. 11, n. 2, p. 585-602, 2019.

BATINGA, Verônica T. S. **A abordagem de resolução de problemas por professores de química do ensino médio: um estudo de caso sobre o conteúdo de estequiometria**. Orientador: Prof. Dr. Francimar Martins Teixeira Macedo. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Educação. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 284 p. 2010.

BERBEL, Neusi Aparecida N. Metodologia da Problematização: uma alternativa metodológica apropriada para o Ensino Superior. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v.16. n. 2, Ed. Especial, p. 9-19, 1995.

BERBEL, Neusi Aparecida N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Interface comunicação saúde educação**, Botucatu - SP, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998.

BERBEL, Neusi Aparecida N.; GAMBOA, Sílvio A. S. A metodologia da problematização com Arco de Magueres: uma perspectiva teórica e epistemológica. **Filosofia e Educação** (Online), v. 3, n. 2, outubro de 2011 - março de 2012, p. 264-287.

BOZELLI, Fernanda C.; NARDI, Roberto. O uso de analogias no ensino de Física em nível universitário: interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. **Revista Brasileira de Educação em Educação em Ciências (RBPEC)**, Belo Horizonte - MG, v. 6, n. 3, p. 1-17, 2006.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (**BNCC**). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Parecer n. 15, de 1 de junho de 1998. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM). Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Parecer CNE/CP9/2001 - Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Brasília: MEC, 2001. BRASIL.

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias (PCN). Brasília: MEC, 2000.

CARRANO, Paulo César R.; MARINHO, Andreia C.; OLIVEIRA, Viviane N. M. de. Trajetórias truncadas, trabalho futuro: jovens fora de série na escola pública de ensino médio. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 41, n. especial, p. 1439-1454, 2015.

CHARMAZ, Kathy. **A Construção da Teoria Fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. Porto Alegre: Artmed, 2009.

CHIZZOTTI, Antonio. A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios. **Revista Portuguesa de Educação**, Universidade do Minho, Braga, Portugal, vol. 16, n. 2, p. 221-236, 2003.

COSTA, Ana A. F da; SOUZA, Jorge R. da T. Obstáculos no Processo de Ensino e de Aprendizagem de Cálculo Estequiométrico. **Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Amazônia, v. 10, n. 19, p. 106-116, 2013.

CUNHA, Ezequiel S. da; MARIANO, Mariana B.; BRONDANI, Filomena M. M. **As sensações e os sentidos no ensino – aprendizagem da Química Orgânica**. Faculdade de Educação e Meio ambiente. Arquimenes - RO, p. 21, 2017.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. *In*: PIETROCOLA, Maurício (Org.). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 125-150, 2001.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A.; PERNAMBUCO, Marta M. C. A.; **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2011.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, p. 649-672, 1991.

FACHIN, Odília. **Fundamentos da Metodologia**. 5ª edição. São Paulo: Saraiva, 2006.

FERREIRA, José W. **O ensino de cálculo estequiométrico e a relação com o saber de licenciados em Química**. Orientadora: Profª Dra. Denise da Silva Souza. 2019. 165 p. Dissertação (Mestrado). Núcleo de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Sergipe. 2019.

FRANCA, Fabiana C. de V. **A metodologia da problematização e a práxis docente na formação do enfermeiro**. Orientador: Prof. Dr. Luiz Síveres. 2013. 160 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação. Universidade Católica de Brasília. Brasília - DF. 2013.

GASPARIN, João Luiz A. Construção dos conceitos científico em sala de aula. In: Nádia Lúcia Nardi. (Org.). **Educação: Visão crítica e perspectivas de mudança**. 1ed. Concórdia - SC, 2007, v. 1, p. 1-25.

GASQUE, Kelley C. G. D. Teoria fundamentada: nova perspectiva à pesquisa exploratória. In: MUELLER, Suzana Pinheiro Machado (Org.). Métodos para a pesquisa em Ciências da Informação. Brasília: **Thesaurus**, 2007. p. 83-118.

GOMES, Rafaela S.; MACEDO, Simone da H. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de química. **Vértices**, v. 9, n. 1/3, 2007.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2004.

JOHNSTONE, Alex H. TEACHING OF CHEMISTRY - LOGICAL OR PSYCHOLOGICAL? **Chemistry Education Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/encontent/articlelanding/2000/rp/a9rp90001b>. Acesso em: 20/01/2023.

LARA, Moisés da S. **Elaboração de significados com analogias em atividades na sala de aula de Química**. Orientador: Prof. Dr. Jackson Gois da Silva. Dissertação (Mestrado). 2014. 228 p. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2014.

LEITE, Maycon B.; SOARES, Marlon H. F. B. Cálculos químicos nos capítulos de solução e estequiometria em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD/2012/2015. **Educação Química em Ponto de Vista**. v. 2, n. 1, p. 41-60, 2018.

LOPES, Alice R. C. **Conhecimento Escola: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 1999.

MAHAFFY, Peter. Moving chemistry education into 3D: a tetrahedral metaphor for understanding chemistry. **Journal of Chemical Education**. Washington, DC, v. 3, n. 1, p. 49-55, 2006. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed083p49>. Acesso em 15/09/2022.

MARSIGLIA, Ana Carolina G.; PINA, Leonardo D.; MACHADO, Vinícius de O.; LIMA, Marcelo. A Base Nacional Comum Curricular: um novo episódio de esvaziamento da escola no Brasil. **Germinal: marxismo e educação em debate**. [S. l.], v. 9, n. 1, p. 107-121, 2017. DOI: 10.9771/gmed.v9i1.21835. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/view/21835>.

MENESES, Fábila Maria G. de. **A compreensão da reação química como um sistema complexo a partir da discussão dos erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio**. Orientador: Prof. Dr. Robson Fernandes de Farias. 2015. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 288 p. 2015.

MELO, Mayara S. de. **Concepções docentes sobre o ensino médio integrado: sentidos contraditórios e fragmentação**. Orientador: Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva. 2022. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências. Universidade de Brasília. Brasília. 232 p. 2022.

MELLO, Rodrigo B.; CUNHA, Cristiano. Grounded theory. *In.*: GODOI, C. K.; MELLO, R. B.; SILVA, A. B. (Orgs). Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos. 2ª ed. São Paulo: **Saraiva**; 2010.

MIGLIATO FILHO, José Roberto. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado). 2005. 130 p. Programa de Pós-graduação em Química. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. São Paulo. 2005.

MINAYO, Maria Cecília de S. (Org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 18ª edição. Petrópolis: Vozes, 2001.

MÓL, Gerson de S. **O uso de analogias no ensino de química**. Orientador: Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva. 1999. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Química. Universidade de Brasília. Brasília. 254 p. 1999.

MOREIRA, Letícia I. As contribuições de Robert Boyle à Química face a uma visão interdisciplinar com a Geografia. **HOLOS**, ano 21, p. 112-119, 2005.

MOZZER, Nilmara B.; JUSTI, Rosária da S. Modelagem analógica no ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências (IEnCi)**. Porto Alegre - RS, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018.

NOGUEIRA, Vânia M.; SILVA, Camila S. da; OLIVEIRA, Olga M. M. de F. Estequiometria e balanceamento das equações das reações químicas. *In.*: OLIVEIRA, Olga M. M. de F.; SCHLÜNZEN JÚNIOR, Klaus; SCHLÜNZEN, Elisa T. M. (coord.). **Química: Coleção Temas de Formação**. São Paulo: Cultura Acadêmica - UNESP - Núcleo de Educação à Distância, 2013. p. 195-202.

OLIVEIRA, Cristiano L. de. UM APANHADO TEÓRICO-CONCEITUAL SOBRE A PESQUISA QUALITATIVA: TIPOS, TÉCNICAS E CARACTERÍSTICAS. **Travessias**, Cascavel-PR, v. 2, n. 3, p. 1-16. 2010. Disponível em: <https://e->

revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/3122.
07/07/2022.

Acesso em

OLIVEIRA, Luiz A. A. de; SILVA, Camila S. da; OLIVEIRA, Olga M. M. de F. O caminho para o Modelo Atômico de Dalton – o átomo indivisível. *In*: OLIVEIRA, Olga M. M. de F.; SCHLÜNZEN JÚNIOR, Klaus; SCHLÜNZEN, Elisa T. M. (coord.). **Química**: Coleção Temas de Formação. São Paulo: Cultura Acadêmica - UNESP - Núcleo de Educação à Distância, 2013. p. 64-79.

OLIVEIRA, Marta K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2ª edição, 1995.

PIO, Jucélia M. (2006). Visão de alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de Cálculo Estequiométrico. Monografia (Graduação de Licenciatura em Química) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PORTO, Edimilson A. B.; KRUGER, Verno. Breve Histórico do Ensino de Química no Brasil. *In*: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química - 33º EDEQ, 2013, Ijuí. **Anais...** Ijuí: UNIJUI, 2013.

PRADO, Marta L. do; VELHO, Manuela B.; ESPÍNDOLA, Daniela S.; SOBRINHO, Sandra H.; BACKES, Vânia M. S. Arco de Charles Maguerez: refletindo estratégias de metodologia ativa na formação de profissionais de saúde. **Revista de Enfermagem**. Rio de Janeiro - RJ, v.16, n. 1, p. 172-177, 2012.

RICARDO, Elio C. **COMPETÊNCIAS, INTERDISCIPLINARIDADE E CONTEXTUALIZAÇÃO: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. Orientador: Prof. Dr. Arden Zylbersztajn. 2005. 257 p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2005.

RICARDO, Elio C. Problematização e Contextualização no Ensino de Física. *In*: CARVALHO, Anna. **Ensino de Física**. São Paulo: *Cengage Learning*, 2010. p. 29-47.

ROCHA-FILHO, Romeu C.; SILVA, Roberto R. da. **Cálculos Básicos da Química**. 5ª edição. São Carlos: EduFSCar, 2023.

ROMANELLI, Geraldo; BIASOLI-ALVES, Zélia Maria M. (Org.). **Diálogos Metodológicos sobre Práticas de Pesquisa**. Ribeirão Preto: Legis Summa, 1998.

SANTOS, Alan W. dos; RODRIGUES, Gidarley S.; SILVA, Jacqueline L. da. **O conhecimento científico e o conhecimento cotidiano na perspectiva de professores de Física e de Química em Itabaiana/SE**. *In*: VI Colóquio Internacional - “Educação e Contemporaneidade” - EDUCON, 2012, Universidade Federal de Sergipe. **Anais...** São Cristóvão, 2012.

SANTOS, Livia dos. **Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem**. Orientadora: Prof^a. Dra. Márcia Gorette Lima da Silva. 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2013.

SANTOS, Livia; SILVA, Márcia. Conhecendo as dificuldades de Aprendizagem no Ensino Superior para o Conceito de Estequiometria. **Acta Scientiae**. Canoas, v. 16, n. 1, p. 133-152, 2014.

SANTOS, Wildson L. R. dos; SCHNETZLER, Roseli P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão? **Química Nova na Escola**. São Paulo, n. 4, p. 28-34, 1996.

SILVA, Janaína R. da. **A utilização de analogias e metáforas como recurso didático na compreensão do conteúdo ligações químicas**. Orientadora: Prof^a. Dra. Suely Alves da Silva. 2008. 180 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife - PE, 2008.

VIGOTSKI, Lev S. A Construção do Pensamento e da Linguagem; tradução: Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes. 1^a edição, 2000.

WARTHA, Edson J.; SILVA, Erivanildo L. da S.; BEJARANO, Nelson R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICE A

Carta Convite aos Professores de Química do Ensino Médio

Título

Ensino-Aprendizagem de Cálculos Estequiométricos: problemas e perspectivas

Problema da pesquisa

Considerando o método de ensino e o livro didático, que aspectos associados aos cálculos estequiométricos poderiam explicar as dificuldades dos estudantes na aprendizagem desse conteúdo?

Apresentação

Caro(a) professor(a),

Você está sendo convidada(o) a participar, como voluntária(o), de uma pesquisa de mestrado, desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências – PPGEduC do Instituto de Química da Universidade de Brasília. Sua participação é de suma importância para que consigamos compreender melhor as dificuldades do processo ensino-aprendizagem do conteúdo cálculos estequiométricos. Gostaríamos de convidá-la(o) a responder questões das quais serão extraídas informações que subsidiarão o desenvolvimento da minha dissertação de mestrado.

O estudo está sendo desenvolvido por mim, ANDRÉ BORGES BARBOSA, sob a orientação do Prof. Dr. ROBERTO RIBEIRO DA SILVA, com o objetivo avaliarmos o uso de metáforas e analogias no processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico, bem como a abordagem de contextualização e problematização, que estão relacionadas a esse assunto.

Declaração

Fui devidamente informada(o) e esclarecida(o) pelo pesquisador por meio deste termo sobre a pesquisa, dos procedimentos nela envolvidos. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento do processo de pesquisa, sem que isto me leve a qualquer penalidade ou prejuízo.

Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

() Concordo () Discordo – Não irei participar da pesquisa

Informações Gerais

1. Qual o seu nome completo?

2. Escolaridade: O Licenciado O Bacharelado O Especialização
 O Mestrado O Doutorado

3. Escola em que atua:

4. Tempo de magistério:

APÊNDICE B

Roteiro utilizado nas entrevistas semiestruturadas

1. Onde você se formou?
2. Você leciona, ou lecionou, apenas em escolas públicas ou particulares?
3. Você leciona, ou já lecionou, o conteúdo Cálculo Estequiométrico?
4. Você costuma fazer alguma distinção ao ensinar esse conteúdo na escola pública ou particular?
5. Como você costuma abordar o ensino de Cálculo Estequiométrico?
6. Você utiliza o livro didático no ensino desse conteúdo?
7. Você acredita que só o livro didático é suficiente na abordagem desse conteúdo?
8. Que críticas, se é que tem, você faria sobre o conteúdo Cálculo Estequiométrico apresentado nos livros didáticos?
9. Como você percebe a contextualização e a problematização utilizadas pelos livros didáticos na abordagem de Cálculo Estequiométrico?
10. Como você aborda a contextualização e a problematização no ensino de Cálculo Estequiométrico? Pode dar algum exemplo?
11. Como você utiliza as metáforas e as analogias no ensino de Cálculo Estequiométrico?
12. Você identifica, nos livros didáticos, essas metáforas e analogias?
13. Como você avalia a qualidade dessas abordagens?
14. Na sua opinião, quais as maiores dificuldades que os alunos apresentam quando se deparam com o raciocínio proporcional?
15. Você teria alguma sugestão para melhorar esse processo no ensino-aprendizagem do raciocínio proporcional?

16. Na sua graduação você cursou alguma disciplina específica relacionada álgebra de grandezas e a análise dimensional?

17. Você tem o costume de usar as álgebras de grandezas e a análise dimensional em suas aulas?

18. Na sua opinião, até que ponto isso facilita, ou não, o processo de ensino-aprendizagem de Cálculo Estequiométrico?

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Declaro que a presente dissertação é original, elaborada especialmente para este fim, não tendo sido apresentada para obtenção de qualquer título e que identifique e cito devidamente todas as autoras e todos os autores que contribuíram para o trabalho, bem como as contribuições oriundas de outras publicações de minha autoria.

Declaro estar ciente de que a cópia ou o plágio podem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, consistindo em grave violação à ética acadêmica.

Brasília, 22 de janeiro de 2024.

Assinatura do discente: _____



Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências

Nome completo: André Borges Barbosa

Título do Trabalho: ENSINO-APRENDIZAGEM DE CÁLCULO ESTEQUIOMÉTRICO EM QUÍMICA: problemas e perspectivas