

Estequiometria em aulas de Química: um olhar para as compreensões e dificuldades dos estudantes

Tatiane Franco de Moraes Silva, Viviane Arrigo, Fabiele Cristiane Dias Broietti e Natany Dayani de Souza Assai

Com o objetivo de identificar e analisar as dificuldades e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio sobre conceitos de estequiometria, 56 estudantes responderam a uma situação-problema envolvendo a dosagem de medicamentos, composta por quatro questões de natureza teórica e com cálculos. Para a análise dos dados, utilizou-se a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). As principais dificuldades observadas foram: relacionar massa e massa molar para determinar a quantidade de mols, estabelecer relações estequiométricas entre reagentes e produtos na equação química e calcular a quantidade necessária (massa) de um reagente para produzir uma certa quantidade de um produto. Tais dificuldades evidenciam fragilidades na articulação entre conhecimentos matemáticos e químicos. A resolução de situações-problema pode favorecer a aprendizagem, desde que seja adotada como estratégia metodológica e que essas situações sejam exploradas e discutidas em interação com o professor.

► situação-problema, dificuldades de aprendizagem, relações estequiométricas ◀

Recebido em 24/11/2025; aceito em 20/04/2026

Introdução

Na Educação Básica, o ensino de Química está centrado na compreensão da matéria, de suas características, propriedades e transformações, com base em sua constituição nos níveis atômico, molecular e iônico (Pozo e Crespo, 2009). Para Costa e Zorzi (2009), muitos estudantes enfrentam dificuldades na interpretação e resolução de problemas que envolvem cálculos estequiométricos, possivelmente porque esses conteúdos são frequentemente apresentados de forma descontextualizada da realidade, com ênfase excessiva no aspecto matemático e pouca atenção à interpretação química. Essa abordagem tende a mecanizar a resolução de problemas, restringindo-se à aplicação de exercícios de fixação. Segundo Machado *et al.* (2013), esse tipo de exercício pouco contribui para a construção de novos conhecimentos.

Nesta investigação destacamos as dificuldades relacionadas ao estabelecimento de relações quantitativas entre massa, quantidades de substância, número de átomos, entre outros aspectos (Pozo e Crespo, 2009), uma vez que nosso objeto de estudo são as dificuldades de estudantes do Ensino Médio com o conteúdo de estequiometria.

De acordo com a pesquisa realizada por Dahsah e Coll

(2008), a respeito das compreensões de estudantes tailandeses sobre conceitos de estequiometria, constatou-se que os conceitos de massa atômica, massa molecular, mol, concentração, equação química e relações quantitativas em reações químicas são de difícil compreensão por parte dos estudantes da Educação Básica. Essa dificuldade torna-se ainda mais evidente quando os conceitos são abordados em situações que exigem o estabelecimento de relações quantitativas.

Batinga (2010), em sua tese, investigou as abordagens adotadas por professores de Química do Ensino Médio na resolução de problemas de estequiometria e observou que, em geral, há uma tendência a priorizar exercícios repetitivos em detrimento de problemas mais complexos. O estudo ressaltou a necessidade de integrar estratégias de resolução de problemas na formação inicial e continuada dos professores, com o objetivo de aprimorar a abordagem desse conteúdo nas aulas de Química.

Conforme discutem Souza e Batinga (2023), a Resolução de Problemas (RP) é uma metodologia que oferece possibilidades para envolver estudantes e professores em atividades de ensino por meio da apresentação de problemas contextualizados, interativos e significativos, em contraste com a prática de exercícios que enfatizam ações

mecânicas voltadas à memorização de conteúdos, fórmulas e regras matemáticas. Há de se reconhecer a necessidade dos cálculos e fórmulas, uma vez que determinados conhecimentos demandam consolidação por meio desse processo; entretanto, a crítica tecida neste trabalho refere-se à predominância desse tipo de abordagem no ensino e aprendizagem de Química.

Essas discussões motivaram a realização de uma pesquisa de mestrado com estudantes da 3ª série do Ensino Médio, orientada pela seguinte questão de investigação: *Quais são as compreensões demonstradas por estudantes da 3ª série do Ensino Médio acerca da estequiometria e dos conceitos a ela relacionados?* Para isso, foi elaborada uma situação-problema contextualizada sobre o tema “Medicamentos”, a qual foi proposta para os estudantes, após a professora abordar o conteúdo de estequiometria em sala de aula.

Esclarecemos que, embora consideremos a metodologia da RP promissora para o ensino e a aprendizagem de estequiometria, neste estudo a resolução de problemas foi empregada como instrumento para acessar as compreensões e dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos. Portanto, o objetivo central desta pesquisa foi identificar e analisar as dificuldades e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio sobre conceitos de estequiometria.

2

Estequiometria em aulas de Química

A estequiometria (do grego *stoicheion*, “elemento”, e *metron*, “medida”) é o ramo da Química que estuda as quantidades de substâncias consumidas e formadas nas reações químicas (Brown *et al.*, 2016, p. 84). Trata-se, portanto, da análise das relações quantitativas entre os reagentes e os produtos, representados por meio de fórmulas e equações químicas. Um dos princípios fundamentais desse campo é a Lei da Conservação da Massa, formulada pelo químico francês Antoine Lavoisier no final do século XVIII, segundo a qual a massa total dos produtos de uma reação química é igual à massa total dos reagentes (Brown *et al.*, 2016).

Para examinar a quantidade de substâncias envolvidas nas equações químicas, é preciso compreender conceitos como fórmula molecular, massa atômica, massa molecular, mol, massa molar, bem como suas inter-relações quantitativas. O conteúdo de estequiometria, além de abordar conceitos essenciais para a aprendizagem da Química, contempla também noções subjacentes, como a conservação da massa e a relação entre reagentes e produtos, articulando-se com conceitos de outras áreas, como os cálculos matemáticos.

O desenvolvimento do cálculo estequiométrico requer o domínio de três linguagens: matemática – aritmética e proporção, física – unidades do Sistema Internacional e Medidas e química – simbologia, grandezas e equações químicas (Pio, 2006; Raupp *et al.*, 2023). Cazzaro (1999) e Andrade (2018) ressaltam que a aprendizagem do cálculo estequiométrico demanda o desenvolvimento de diversas habilidades, entre elas: raciocínio proporcional, operações

aritméticas, compreensão dos conceitos de equações químicas, mol, massas molares e, sobretudo, a interpretação adequada dessas equações.

Santos e Silva (2014) apontam que as principais dificuldades de aprendizagem no ensino de estequiometria estão relacionadas à abstração e à transição entre os níveis de representação da matéria, à grandeza da constante de Avogadro, à confusão entre os conceitos de mol, quantidade de matéria e massa molar, além das dificuldades no manejo dos cálculos matemáticos. Ademais, a complexidade do vocabulário químico associado aos problemas estequiométricos pode dificultar a aplicação de operações matemáticas simples pelos alunos (Le Maire *et al.*, 2018).

Essas dificuldades podem ser analisadas considerando o modo como o conteúdo é comumente apresentado aos estudantes, descontextualizado da realidade, com ênfase no aspecto matemático em detrimento da interpretação química. Além disso, observa-se uma tendência a mecanização da resolução de problemas, com a aplicação exclusiva de exercícios de fixação, o que pouco contribui para a aprendizagem dos estudantes (Machado *et al.*, 2013).

Santos (2013) e Costa e Souza (2013) constataram que as dificuldades enfrentadas pelos alunos na aprendizagem da estequiometria estão relacionadas à compreensão de conceitos fundamentais, à aplicação de cálculos e ao balanceamento de reações, à interpretação de conceitos como mol e massa molar, além das transições entre as representações macroscópicas e microscópicas da matéria. Tais obstáculos são frequentemente atribuídos a um modelo de ensino centrado na mecanização dos cálculos e na ausência de contextualização, o que resulta em uma aprendizagem superficial e desmotivadora.

Livramento *et al.* (2018) observaram que diversas dificuldades dos estudantes em relação à estequiometria estão associadas à metodologia de ensino adotada, a qual não se mostra eficaz para engajá-los na realização das atividades. A integração de sequências didáticas contextualizadas e de abordagens fundamentadas na resolução de problemas, articuladas a temas sociais, políticos e tecnológicos, pode favorecer a compreensão dos conceitos químicos. Os autores complementam que a incorporação de propostas interdisciplinares também pode contribuir para superar essas dificuldades, promovendo uma formação mais sólida e uma maior familiarização com os conteúdos de Química (Livramento *et al.*, 2018). Segala *et al.* (2025), por sua vez, utilizaram um canal do *youtube* com vídeo-listas para resolução de problemas variados de estequiometria com estudantes do Ensino Médio. Os resultados apontaram que a utilização de enunciados variados e problemas contextualizados mostraram-se promissores para a aprendizagem de cálculos estequiométricos, e que, explorar diferentes métodos de resolução de problemas pode ajudá-los a encontrar a estratégia que melhor se adapta ao estilo de aprendizagem de cada aluno.

Carletto *et al.* (2019) analisaram a aplicação da metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) com

estudantes da 3ª série do Ensino Médio no ensino de estequiometria. Os resultados mostraram que a ABP contribuiu para a aprendizagem, auxiliando na superação de dificuldades como a falta de base matemática e a complexidade do conteúdo. Além disso, gerou motivação e interesse entre os estudantes, que consideraram a abordagem mais eficaz e menos exaustiva.

Encaminhamento metodológico

Esta pesquisa, de natureza qualitativa, concentra-se na compreensão dos significados e experiências dos indivíduos em contextos específicos, tendo como objetivo a interpretação e a construção de significados. Diferente-se, portanto, dos métodos quantitativos, que se voltam para a generalização e a mensuração de dados numéricos (Flick, 2009). Trata-se de uma pesquisa descritiva, pois apresenta foco definido – as dificuldades e compreensões dos estudantes em estequiometria – e a análise concentra-se em tais dificuldades, descrevendo padrões, erros e a forma como os estudantes raciocinam científica e matematicamente (Gil, 2017).

Os dados discutidos são provenientes de uma pesquisa de mestrado com participação de três turmas da 3ª série do Ensino Médio do turno matutino, de um colégio da rede estadual localizado no Norte do Paraná, totalizando 56 estudantes com faixa etária entre 15 a 17 anos. A pesquisadora responsável por essa investigação também desempenha a função de professora das turmas investigadas, portanto, por conveniência escolheu-se o colégio e as turmas em que a professora lecionava. A coleta de dados ocorreu

Os dados discutidos são provenientes de uma pesquisa de mestrado com participação de três turmas da 3ª série do Ensino Médio do turno matutino, de um colégio da rede estadual localizado no Norte do Paraná, totalizando 56 estudantes com faixa etária entre 15 a 17 anos. A pesquisadora responsável por essa investigação também desempenha a função de professora das turmas investigadas, portanto, por conveniência escolheu-se o colégio e as turmas em que a professora lecionava.

por meio da resolução, pelos alunos, de uma situação-problema (SP) contextualizada sobre o tema “Medicamentos” (Figura 1).


A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, sob o número do CAAE: 68485223.7.0000.5231. A resolução da SP ocorreu individualmente após a abordagem do conteúdo, pois, conforme esclarecido na Introdução o foco da pesquisadora não era investigar o método da resolução de problemas, mas sim identificar e analisar as dificuldades e compreensões dos estudantes na resolução de uma SP sobre estequiometria. Os estudantes responderam a SP em 1 hora/aula e as respostas fornecidas foram transcritas em uma planilha, passando a constituir o *corpus* desta investigação. Para especificar e garantir o anonimato dos alunos, durante a transcrição das respostas utilizamos os códigos A1, A2,..., A56.

Para a análise dos dados foram interpretadas as respostas dos estudantes para cada questão da SP, as quais foram submetidas aos procedimentos da Análise de Conteúdo (AC), conforme proposto por Bardin (2016). Conforme a autora, a AC compreende três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A pré-análise tem como objetivo a organização dos

dados, sendo por meio da leitura flutuante que o pesquisador toma decisões quanto à escolha dos documentos e à constituição do *corpus*, material a ser analisado (Bardin, 2016).

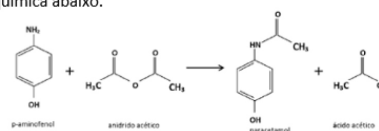
Na exploração do material, foram inicialmente identificados os conceitos de estequiometria necessários para a resolução de cada questão da SP. Esse processo levou à

A dosagem correta de medicamentos é extremamente importante para garantir que o paciente receba a quantidade apropriada para o tratamento da sua condição médica. Nesse sentido, é essencial que a reação química do medicamento no organismo seja adequada e que não haja excesso ou falta do medicamento no corpo. A dosagem incorreta pode levar a efeitos colaterais graves e até mesmo colocar a vida do paciente em risco. Existem muitos fatores que podem afetar a dosagem de um medicamento, incluindo a idade do paciente, peso, sexo, condições médicas subjacentes e outros medicamentos que o paciente está tomando. Por isso, é importante que os profissionais de saúde prescrevam a dosagem considerando todos os fatores relevantes. Além disso, é importante que os pacientes sigam as instruções cuidadosamente, incluindo a frequência e o horário de administração. Um paciente com dor de cabeça forte decide tomar um analgésico sem prescrição médica. Ele toma 3 comprimidos do analgésico de 500mg sendo que a dosagem recomendada para um adulto é de apenas 500mg. Como resultado ele apresenta sintomas como náuseas, tontura e visão turva. O paciente precisou ser levado ao hospital, onde foi tratado e monitorado para evitar complicações. Diante da situação apresentada, responda: **1)** Qual é a relação da estequiometria com a dosagem de medicamentos?



2) Considere que o medicamento ingerido pelo paciente seja o paracetamol, um fármaco com potente ação analgésica e antitérmica, que em excesso pode causar intoxicação. Sabendo que a dose adequada para um adulto com febre é de 500mg, calcule quantos mols de paracetamol há em um comprimido. Dados: MM do paracetamol ($C_8H_9O_2N$) = 151g/mol.

3) O paracetamol é sintetizado a partir da reação do p-aminofenol com anidrido acético, conforme a equação química abaixo.



Devido às suas aplicações farmacológicas, o paracetamol é utilizado na forma de comprimidos, nos quais se emprega tipicamente uma massa de 500mg dessa substância.

a) Escreva a fórmula molecular de todos os compostos presentes na equação química.

b) Sabendo que a dose diária máxima de paracetamol é de 4000mg, calcule a massa de p-aminofenol utilizada para fabricar a quantidade de comprimido recomendada na dose diária. Dados: MM do p-aminofenol = 109g/mol; MM do paracetamol = 151g/mol.

Figura 1: Situação-problema. Fonte: Os autores (2026).

seleção dos seguintes conceitos: relações quantitativas em cálculos químicos (questões 1 e 2); relações quantitativas em reações químicas (questão 3b); massa (questões 1, 2 e 3b); mol (questões 2 e 3b); massa molar (questões 2 e 3b); massa molecular (questão 2); fórmula molecular, fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão (questão 3a).

Na etapa de categorização nos debruçamos nas respostas dos estudantes para cada questão e percebemos que o melhor caminho para as categorizar seria com base nos erros, acertos e limitações conceituais identificadas. Assim, foi possível construir categorias durante a análise, as quais, segundo Bardin (2016), podem ser classificadas como categorias *a posteriori* ou emergentes. Elas foram numeradas e especificadas de acordo com a questão à qual se referem. Por exemplo, a categoria C1(2) compreende a primeira categoria referente à questão 2 da SP. No Quadro 1 estão apresentadas as categorias que emergiram de cada questão e o processo detalhado de categorização.

Na etapa de tratamento dos resultados, foram realizadas interpretações inferenciais com base em uma análise intuitiva, reflexiva e crítica (Bardin, 2016), o que permitiu constatações sobre as compreensões e dificuldades dos estudantes acerca da estequiometria.

4

Análise dos dados

No Quadro 1 apresentamos uma síntese da categorização das respostas e do percentual de estudantes que demonstrou alguma compreensão dos conceitos investigados em cada questão da SP. Em seguida são discutidas as compreensões e dificuldades dos estudantes para cada um dos conceitos separadamente, a fim de detalhar como os estudantes exploram cada um deles nas diferentes questões (teóricas ou envolvendo cálculos matemáticos). Esse movimento permitiu identificar que a principal dificuldade dos estudantes está na articulação entre os conceitos de massa, massa molecular, mol e massa molar, dificuldades que se agravam quando a questão exige o estabelecimento de relações estequiométricas.

Relações quantitativas em cálculos químicos

As relações quantitativas em cálculos químicos descrevem as quantidades de reagentes e produtos em uma reação, fundamentadas nas leis da Química, sendo essenciais para determinar a quantidade de matéria consumida ou produzida, utilizando unidades como massa, volume ou número de entidades elementares (Atkins e Jones, 2012).

As questões que abordam esse conceito são as de número 1 e 2. Enquanto a resolução da primeira questão não exigia cálculos, a segunda demandava o cálculo do número de mols de paracetamol contido em um comprimido de 500 mg. Observou-se que 41,1% dos estudantes demonstraram compreensão do conceito na primeira questão; entretanto, esse percentual reduziu-se para apenas 5,3% na segunda, como se verifica nos exemplos a seguir:

A1: “A estequiometria relaciona-se com a dosagem

de medicamentos, devido ao cálculo da quantidade ideal de substâncias para o organismo” C1(1)

A5: “Tem relação sobre a quantidade da dosagem de medicamentos correta” C1(1)

A27: “Para calcular quantos mols de paracetamol há em um comprimento de 500 mg, é preciso dividir a massa do paracetamol pela sua massa molar. O resultado final é de 0,00331 mol de paracetamol em um comprimido de 500 mg. É importante ressaltar que a dosagem adequada de um medicamento depende de diversos fatores e deve ser prescrito por um profissional de saúde” C1(2)

A42: “ $0,5/151 = 0,00331 \text{ mol}$ ” C1(2)

Com base em Pozo e Crespo (2009), é possível inferir que os estudantes apresentaram maiores dificuldades relacionadas ao raciocínio proporcional do que ao raciocínio interpretativo. Segundo Lamon (1993), o raciocínio proporcional está associado à habilidade de realizar análises conscientes da relação entre quantidades, o que é perceptível quando se analisa argumentos e explicações fornecidos pelos estudantes sobre as relações proporcionais, como exemplificado a seguir:

A13: “Porque cada medicamento causa uma reação e se aumentar a dosagem vai causar uma reação” C2(1)

A17: “A estequiometria consegue fazer a medição de massa, e assim se pode dar uma dosagem de um medicamento” C2(1)

A16: “ $0,5/151 = 0,0033112583$ ” C2(2)

A1: “ $0,5/151 = 0,003 \text{ g/mol}$ ” C3(2)

Os autores Costa e Ponte (2008) enfatizam que o raciocínio proporcional é fundamental para a resolução de problemas em diversas áreas do conhecimento. Trata-se de um tópico que possibilita estabelecer conexões com o cotidiano dos estudantes, com outros conteúdos da matemática e com diferentes disciplinas, constituindo-se como um elemento essencial na iniciação ao pensamento algébrico.

Relações quantitativas em reações químicas

As relações quantitativas em reações químicas descrevem as proporções entre reagentes e produtos, permitindo calcular a quantidade de uma substância a partir de outra, com base em equações químicas balanceadas. Essas relações são fundamentadas nas leis da Conservação de Massa e da Energia, utilizando unidades como mols, massa, volume ou número de partículas (Brown *et al.*, 2016).

A questão que aborda esse conceito é a 3b. Para resolvê-la, era necessário realizar uma regra de três simples para calcular a massa de p-aminofenol a partir da massa de paracetamol, considerando a proporção estequiométrica entre as substâncias na equação química. Observou-se que apenas 14,3% dos estudantes conseguiram relacionar corretamente a massa em gramas com a massa molar, como verifica-se nas respostas de A21 e A40. Esse baixo percentual evidencia dificuldades na realização de uma análise

Quadro 1: Categorização das respostas dos estudantes para as questões da SP

QUESTÃO	CONCEITOS DERIVADOS DA QUESTÃO	CATEGORIAS	Nº DE RESPOSTAS (%)
1	Relações quantitativas em cálculos químicos.	C1(1) – Relacionam a estequiometria com a dosagem dos medicamentos a partir das relações quantitativas em cálculos químicos.	23 (41,1%)
		C2(1) – Não relacionam a estequiometria com a dosagem dos medicamentos.	30 (53,6%)
		C3(1) – Sem resposta.	03 (5,3%)
2	Relações quantitativas em cálculos químicos; massa; mol; massa molar; massa molecular.	C1(2) – Realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular.	03 (5,3%)
		C2(2) – Realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular, mas não reconhecem as unidades de medida.	20 (35,7%)
		C3(2) – Não realizam os cálculos químicos com base nas relações quantitativas entre as grandezas massa, mol, massa molar e massa molecular.	27 (48,3%)
		C4(2) – Sem resposta.	06 (10,7%)
3a	Fórmula molecular; fórmula estrutural; fórmula estrutural em bastão.	C1(3a) – Escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão.	22 (39,3%)
		C2(3a) – Escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão, mas não apresentam todas as fórmulas.	02 (3,6%)
		C3(3a) – Não escrevem as fórmulas moleculares com base na fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão.	24 (42,8%)
		C4(3a) – Sem resposta.	08 (14,3%)
3b	Relações quantitativas em reações químicas; massa; mol; massa molar.	C1(3b) – Realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol e massa molar.	08 (14,3%)
		C2(3b) – Realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol, massa molar, mas não reconhecem as unidades de medida.	11 (19,6%)
		C3(3b) – Não realizam os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas a partir das grandezas massa, mol, massa molar.	24 (42,9%)
		C4(3b) – Sem resposta.	13 (23,2%)

Fonte: Os autores (2026).

quantitativa das substâncias consumidas e produzidas na reação, conforme os exemplos apresentados a seguir:

A21: “ $436/151 = 2,88$. A quantidade aproximada de p-aminofenol é de 2,88 gramas” C1(3b)

A40: “ $4/151 = 0,0265 \text{ mol} \rightarrow 0,0265 \text{ mol} \times 109,9 \text{ mol} = 2,9 \text{ g}$ ” C1(3b)

Dahsah e Coll (2008), ao analisarem as relações quantitativas estabelecidas pelos estudantes, observaram que apenas 3% de um total de 97 estudantes conseguiram relacionar volume, mol e número de moléculas, enquanto 32% foram capazes de estabelecer a relação entre mol e número de moléculas em uma reação. Verifica-se a dificuldade dos estudantes em articular matematicamente os conceitos envolvidos na estequiometria, como vemos a seguir:

A42: “ $436/151 = 2,8$ ” C2(3b)

A4: “ $0,4/109 = 0,00366972$ ” C3(3b)

A11: “ $4 \times 109 \times 151 = 65,836 \text{ g/mol}$ ” C3(3b)

O cálculo estequiométrico estabelece uma relação quantitativa entre a quantidade de reagentes e produtos em uma reação química. Pozo e Crespo (2009) analisam que, para o aluno aplicar as leis quantitativas da Química e resolver problemas que envolvem cálculos matemáticos, é necessário que ele desenvolva estratégias mais ou menos complexas que permitam organizar os processos sucessivos para encontrar uma solução. Neste caso, podemos inferir que os estudantes apresentaram dificuldades em estabelecer estratégias, especialmente no que diz respeito à organização das informações, à articulação entre os conceitos envolvidos e à realização dos cálculos necessários.

Massa

A massa corresponde à medida da quantidade de matéria presente em um corpo. Trata-se de uma propriedade essencial da matéria, geralmente expressa em unidades como gramas ou quilogramas, sendo fundamental para o estudo das transformações químicas e para os cálculos envolvendo às leis ponderais (Feltre, 2011). As questões que abordam esse conceito são as de número 1, 2 e 3b, com percentuais de compreensão de 41,1%, 5,3% e 14,3%, respectivamente.

A resolução da primeira questão exigia uma análise quantitativa relacionada à dosagem de medicamentos e à estequiometria da reação; contudo, tratava-se de uma análise interpretativa, sem a necessidade de realizar cálculos. Para a resolução da segunda questão, exigia-se que o aluno realizasse, inicialmente, uma conversão de unidades (de miligramas para gramas) e, em seguida, por meio da regra de três simples, calcular a massa correspondente aos medicamentos indicados. Na questão 3b, o aluno precisava iniciar com a análise estequiométrica da equação química, realizar a conversão de unidades (mg para g) e, posteriormente, realizar uma regra de três simples para calcular a massa de p-aminofenol a partir da massa do paracetamol.

Ao analisar as respostas das três questões, verificamos que os estudantes apresentaram melhor desempenho na primeira, por se tratar de uma questão teórica que não exigia o estabelecimento de relações quantitativas para sua resolução. Observou-se que a maioria dos estudantes demonstrou dificuldades na compreensão das grandezas envolvidas, não reconhecendo corretamente as unidades de medida (grama, mol, g/mol) e, conseqüentemente, não realizando os cálculos químicos com base nas relações quantitativas envolvendo o conceito de massa, como evidenciam os exemplos apresentados a seguir:

A25: “ $0,5/151 = 0,0033$ ” C2(2)

A26: “ $436/151 = 2,88$ ” C2(3b)

Mol

O mol é a unidade do Sistema Internacional (SI) empregada para quantificar as entidades químicas. Define-se como a quantidade de matéria que contém exatamente $6,022 \times 10^{23}$ entidades elementares, valor conhecido como número de Avogadro. Essas entidades elementares podem incluir átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras partículas, dependendo da substância em análise (Brown *et al.*, 2016).

As questões que abarcam esse conceito são as de número 2 e 3b. Ambas exigiam cálculos, sendo que a questão 3b, além dos cálculos, demandava uma análise estequiométrica da reação. Na questão 2, que relaciona o número de mol à massa em gramas do medicamento, apenas 5,3% dos estudantes demonstraram compreensão do conceito. Já na questão 3b, que relaciona o conceito mol à massa molar das substâncias, esse percentual foi de 14,3%.

Dessa forma, observa-se que, em ambas as questões, os estudantes apresentaram dificuldades na compreensão do conceito de mol, especialmente no contexto das leis

quantitativas da Química. Essas dificuldades são evidenciadas nas respostas a seguir:

A49: “ $0,5/151 = 0,0033$ ” C2(2)

A10: “ $0,5/151 = 0,0033126 = 331126.108$ ” C3(2)

A19: “ $436/151 = 2,88$ ” C2(3b)

A33: “ $4000 \times 151 / 100 = 6040 \rightarrow 6040 - 4000 = 2.040 \text{ g}$ ” C3(3b)

Ao analisar as dificuldades relacionadas aos conceitos envolvidos nas leis quantitativas da Química, Pozo e Crespo (2009) destacam que o mol constitui o conceito-chave na maioria dessas leis e, simultaneamente, representa o principal entrave à compreensão por parte dos estudantes. Nesse caso, inferimos que uma ausência de consolidação do conceito de mol acentua possíveis dificuldades em cálculos químicos.

Massa molar

A massa molar é definida como a massa de um mol de uma substância, expressa em gramas por mol (g/mol). Ela corresponde à massa de uma quantidade de matéria que contém exatamente $6,022 \times 10^{23}$ entidades elementares, conforme o número de Avogadro (Brown *et al.*, 2016).

O conceito massa molar foi abordado nas questões 2 e 3b, ambas envolvendo cálculos com as massas molares das substâncias. A segunda questão solicitava o cálculo do número de mols de paracetamol presentes em um comprimido de 500mg. Para resolvê-la, o aluno precisava compreender o conceito de massa molar e saber relacioná-lo ao número de mols.

Para solucionar a terceira questão, era necessária a interpretação da reação química descrita no problema. Em seguida, era necessário realizar o cálculo utilizando as massas molares do p-aminofenol e do paracetamol a fim de determinar a quantidade de reagente necessária.

Ao analisar as respostas dos estudantes para ambas as questões, observou-se a falta de compreensão do conceito de massa molar e a dificuldade em realizar os cálculos correspondentes, semelhante ao que foi verificado no tratamento do conceito de mol, verificado nas respostas de A49, A10, A19 e A33.

Massa molecular

A massa molecular corresponde à soma das massas atômicas dos átomos que constituem uma molécula, considerando as quantidades relativas de cada átomo conforme sua presença na fórmula molecular. Essa grandeza é expressa em unidades de massa atômica (u) e representa a quantidade de matéria contida em uma molécula, estando diretamente relacionada à sua composição atômica (Brown *et al.*, 2016).

O referido conceito foi abordado na questão 2, que exigia a realização de um cálculo utilizando a massa molecular do paracetamol, previamente informada no enunciado. No entanto, observou-se que muitos estudantes não utilizaram essa informação ou não conseguiram relacioná-la adequadamente às demais grandezas envolvidas no problema. Infere-se que os estudantes apresentam uma compreensão limitada do

conceito de massa molecular, evidenciada pela dificuldade em estabelecer conexões com outros conteúdos fundamentais da estequiometria, como mol, massa molar e quantidade de matéria, como exemplificado a seguir:

A41: “0,5/151 = 0,0033” C2(2)

A50: “151x = 0,5 → 302g” C3(2)

A análise percentual da compreensão dos estudantes indicou que apenas 5,3% conseguiram estabelecer relações conceituais adequadas para resolver a questão. Esse resultado corrobora os encontrados por Dahsah e Coll (2008), que identificaram que apenas 10,3% de um total de 97 estudantes apresentaram uma compreensão sólida do conceito em questão, enquanto 32% demonstraram compreendê-lo de forma parcial.

Fórmula molecular, fórmula estrutural e fórmula estrutural em bastão

Na Química, as fórmulas moleculares, estruturais e estruturais em bastão desempenham papéis fundamentais na representação e compreensão das substâncias químicas e suas interações. A fórmula molecular expressa a quantidade exata de átomos de cada elemento presente em uma molécula, sem detalhar a sua disposição espacial. A fórmula estrutural, por sua vez, revela a conectividade entre os átomos e suas ligações, oferecendo uma visão mais completa da estrutura molecular. Já a fórmula estrutural em bastão utiliza linhas para representar as ligações covalentes, proporcionando uma representação simplificada da molécula, com ênfase na disposição das ligações (Brown *et al.*, 2016).

O conceito foi abordado na questão 3a, que apresentou um percentual de acertos de 39,3%. Observou-se que essa foi uma das questões com menor grau de dificuldade para os estudantes, uma vez que sua resolução exigia apenas a identificação da fórmula molecular a partir das fórmulas estruturais dos compostos presentes na equação química. Essa tendência pode ser verificada nas respostas exemplificadas a seguir:

A1: “p-aminofenol = C₆H₇NO, anidrido acético = C₄H₆O₃, paracetamol = C₈H₉NO₂, ácido acético = C₂H₄O₂” C1(3a)

A25: “p-aminofenol = C₆H₇NO, anidrido acético = (CH₃CO)₂O, paracetamol = C₈H₉NO₂, ácido acético = CH₃COOH” C1(3a)

Ainda que a questão não exigisse cálculos para sua resolução, o percentual de acertos não pode ser considerado expressivo. As dificuldades em representar corretamente as fórmulas moleculares dos compostos são evidenciadas nos exemplos apresentados a seguir:

A32: “p-aminofenol = ?, anidrido acético = C₄O₃H₆, paracetamol = C₈H₉NO₂, ácido acético = C₄O₃H₆” C2(3a)

A37: “C₆H₇NO” C2(3a)

A14: “C₆N₁O₁H₃ / C₄H₆O₃ / C₉H₅O₂N₁ / C₂H₄O₂” C3(3a)

A35: “CH₂CHNH₂CH₂CH₂CH₂, CHCH₂H₃COCHOCH₃OCH₃, CH₆OHNHOCH₃, H₃CHO₂OH” C3(3a)

Verifica-se uma resposta incompleta (A37) e respostas incorretas (A32, A14 e A35), indicando dificuldades que podem estar associadas a conteúdos introdutórios de Química Orgânica, como o reconhecimento e a classificação de cadeias carbônicas. No Gráfico 1, apresentamos os percentuais

que indicam as compreensões e dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos investigados.

A cor verde (C1) representa as categorias em que foram alocadas as respostas consideradas corretas. A cor amarela (C2) corresponde às respostas em que os estudantes apresentaram dificuldades, mas não apresentaram equívocos conceituais, como, por exemplo: não relacionar a estequiometria com a dosagem dos medicamentos, não reconhecer as unidades de

medida na realização dos cálculos ou representar de forma incompleta as fórmulas moleculares dos compostos em uma reação química. A cor rosa (C3) refere-se às respostas que apresentaram equívocos conceituais, tais como: não realizar os cálculos com base nas relações quantitativas entre as grandezas químicas, não reconhecer as fórmulas moleculares dos compostos em uma reação química ou não realizar os cálculos com base nas relações quantitativas em reações químicas. A cor cinza (C4) indica os casos em que os estudantes deixaram a questão sem resposta.

É perceptível que os conceitos nos quais os estudantes mais demonstraram dificuldades foram aqueles envolvidos em questões que exigiam a realização de cálculos matemáticos, como a questão 2, com um percentual de compreensão de apenas 5,3% e a questão 3b, com 14,3%. No caso da questão 2, o ponto nevrálgico identificado nas respostas foi a omissão das unidades de medida, observada em 35,7% dos estudantes. Na questão 3b, também foi identificado um percentual de estudantes (19,6%) que não reconheceu as unidades de medida durante a realização dos cálculos. A ausência das unidades de medida nas respostas é um indicativo relevante das dificuldades enfrentadas pelos estudantes na construção de relações conceituais por meio de cálculos matemáticos.

Considerações finais

Diante do objetivo de identificar e analisar as dificuldades

É perceptível que os conceitos nos quais os estudantes mais demonstraram dificuldades foram aqueles envolvidos em questões que exigiam a realização de cálculos matemáticos, como a questão 2, com um percentual de compreensão de apenas 5,3% e a questão 3b, com 14,3%. No caso da questão 2, o ponto nevrálgico identificado nas respostas foi a omissão das unidades de medida, observada em 35,7% dos estudantes.



Gráfico 1: Percentuais de compreensão e dificuldade dos estudantes para as questões analisadas. Fonte: Os autores (2025).

8

e compreensões de estudantes da 3ª série do Ensino Médio em relação aos conceitos de estequiometria, verificou-se que os estudantes demonstram maior facilidade na compreensão de conceitos quando estes são abordados de forma isolada, no entanto, apresentam dificuldades significativas para estabelecer conexões entre eles. As principais dificuldades identificadas foram: relacionar massa e massa molar para determinar a quantidade de mols em um comprimido de 500 mg de paracetamol; estabelecer relações estequiométricas entre reagentes e produtos na equação química; e calcular a quantidade necessária de p-aminofenol (massa) para produzir 4000 mg de paracetamol.

Ademais, observou-se um número expressivamente menor de acertos nas questões que envolviam cálculos matemáticos, em comparação às questões de caráter mais teórico sobre os mesmos conceitos. Estes resultados corroboram os achados da literatura, que apontam a estequiometria como um conteúdo de alta complexidade no ensino de Química, especialmente pela articulação de conceitos abstratos com cálculos matemáticos. O presente estudo corrobora resultados já reportados na literatura, tanto em pesquisas nacionais quanto internacionais.

Como diferencial, destaca-se a discussão individual dos conceitos, que revelou a fragilidade na integração entre os conhecimentos matemáticos e químicos nas relações estequiométricas. Ademais, os achados evidenciam que as dificuldades dos estudantes em relação à estequiometria, embora já identificadas em investigações realizadas há mais de 10 anos, ainda persistem. Tal constatação reforça a necessidade de se buscar e implementar caminhos metodológicos que contribuam para a minimização dessas dificuldades.

Cabe destacar que, neste trabalho, a resolução de SP não

foi adotada como metodologia de ensino, pois objetivava-se identificar e analisar as dificuldades e compreensões dos estudantes em relação à estequiometria. Assim, a SP foi apresentada apenas após a abordagem dos conteúdos, sem que houvesse sua discussão ou problematização em conjunto com os estudantes.

Tal escolha metodológica mostrou-se, ao mesmo tempo, adequada e limitadora. Por um lado, foi adequada por possibilitar a identificação de dificuldades relevantes, sobretudo aquelas relacionadas à articulação entre conceitos químicos e cálculos matemáticos. Por outro lado, revelou-se limitadora, uma vez que, embora a literatura aponte o potencial do trabalho com SP para a melhoria da aprendizagem, e concordarmos com essa perspectiva, os dados deste estudo não permitem sustentar tal afirmação.

Diante das dificuldades dos estudantes, evidenciadas neste estudo, defende-se a importância e a necessidade de problematizar o conteúdo de estequiometria por meio de SP. Essa abordagem possui potencial para estimular o pensamento dos estudantes e favorecer a proposição de estratégias de resolução, especialmente em atividades que envolvem cálculos estequiométricos, desde que tais situações sejam devidamente exploradas e discutidas em sala de aula, em interação com o professor. Além disso, para que o trabalho com SP contextualizadas em sala contribua efetivamente para uma aprendizagem “complexa” por parte dos estudantes, as SP devem fazer parte das metodologias adotadas pelos professores e não empregadas de forma isolada.

Tatiane Franco de Moraes Silva (tatiane.franco@uel.br) é mestre em Química pelo Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é professora do Quadro

Próprio do Magistério (QPM) da Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná (SEED/PR), da área de Química. **Viviane Arrigo** (vivianearrigo@gmail.com) é doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é Professora Adjunta e orientadora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Realeza, PR – Brasil. **Fabiele Cristiane Dias Broietti** (fabieledias@uel.br) é doutora em Educação para a Ciência e a Matemática pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atualmente

é Professora Associada do departamento de Química e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, PR – Brasil. **Natany Dayani de Souza Assai** (natanyassai@gmail.com) é doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Atualmente é Professora Adjunta e orientadora do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal Fluminense (UFF), *campus* Volta Redonda, RJ – Brasil.

Referências

ANDRADE, L. M. *Uma proposta de abordagem no ensino de cálculo estequiométrico para o ensino de Química básica*. Monografia de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2018.

ATKINS, P. e JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATINGA, V. T. S. *A abordagem de resolução de problemas por professores de Química do ensino médio: um estudo sobre o conteúdo de estequiometria*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M. e STOLTZFUS, M. W. *Química: a ciência central*. 13ª ed. São Paulo: Pearson, 2016.

CARLETO, B. M.; MENDES, A. N. F. e BIANCO, G. Aprendizagem baseada em problema: aplicação e avaliação desta metodologia para o ensino de estequiometria. In: FREITAS, J. C. R. e FREITAS, L. P. S. R. (Orgs.). *Atividades de ensino e de pesquisa em Química*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Química Nova na Escola*, v. 10, p. 53–54, 1999.

COSTA, S. e PONTE, J. P. *O raciocínio proporcional dos alunos do 2º ciclo do ensino básico*. *Revista da Educação*, v. 16, n. 2, p. 65-100, 2008.

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

COSTA, E. T. H. e ZORZI, M. B. Uma proposta de ensino diferenciada para o estudo da estequiometria. In: I Congresso Paranaense de Educação Química, Londrina. *Anais...* Londrina: UEL, 2009.

DAHSAH, C. e COLL, R. K. Thai grade 10 and 11 students' understanding of stoichiometry and related concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 6, n. 3, p. 573-600, 2008.

FELTRE, R. *Química: Química Geral*. vol. 1. São Paulo: Moderna, 2011.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAMON, S. Ratio and proportion: connecting content and children's thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, v. 24, p. 41-61, 1993.

LE MAIRE, N.; VERPOORTEN, D.; FAUCONNIER, M. L. e COLAUX-CASTILHO, C. Clash of chemists: a gamified blog to master the concept of limiting reagent stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, v. 95, n. 3, p. 1-18, 2018.

LIVRAMENTO, P. C. C.; SOUZA, K. F. e MALTA, S. H. S. A resolução de problemas como subsídio didático para o conteúdo de cálculo estequiométrico. In: X Congresso Nacional de Educação, Campina Grande-PB. *Anais...* Campina Grande: Realize Editora, 2018.

MACHADO, S.; GLUGOSKI, L. P.; PAIVA, C.; GALVÃO, D. S. e RAMOS, E. S. Ensino de cálculo estequiométrico a partir de uma perspectiva contextualizada. In: VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, Santo André-SP. *Anais...* Santo André: UFABC, 2013.

PIO, J. M. *Visão de alunos do ensino médio sobre dificuldades na aprendizagem de cálculo estequiométrico*. Monografia de Graduação em Licenciatura em Química, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

POZO, J. I. e CRESPO, M. Á. G. *Aprendizagem e o ensino de Ciências*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAUPP, D. T.; HAUPT, F. T.; BENTLIN, F.; GOMES, C. S. e ROCKENBACH, L. C. Aprendizagem significativa do conceito de estequiometria do reagente limitante: resolução de problemas envolvendo receitas culinárias e reações químicas. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 9, n. 4, p. 186-205, 2023.

SANTOS, L. C. *Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem*. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

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

SEGALA, M.; RAUPP, D. T.; SANTOS, S. S. e CZOLPINSKI, A. L. Aprimorando a aprendizagem em estequiometria por meio de vídeo-lista no youtube. *ACTIO*, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2025.

SOUZA, Y. e BATINGA, V. A resolução de problemas no ensino de química: possibilidade para promoção da autorregulação de aprendizagem. *International Journal Education and Teaching*, v. 6, p. 36-51, 2023.

Abstract: *Stoichiometry in Chemistry classes: a look at students' understandings and difficulties.* With the aim of identifying and analyzing the difficulties and understandings of 3rd year of high school students regarding stoichiometry concepts, 56 students responded to a problem situation involving medication dosage, consisting of four questions (1, 2, 3a, and 3b), of a theoretical nature and involving calculations. Data analysis was conducted using Bardin's Content Analysis (2016). The main difficulties observed were: relating mass and molar mass to determine the amount of moles, establishing stoichiometric relationships between reactants and products in the chemical equation and calculating the required amount (mass) of a reactant to produce a given amount of a product. These difficulties reveal weaknesses in the integration of mathematical and chemical knowledge. The use of problem situations can support learning, provided they are adopted as a methodological strategy and are explored and discussed through interaction with the teacher.

Keywords: problem situation, learning difficulties, stoichiometric relationships