

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

União da Vitória

2025

**CONHECIMENTOS MATEMÁTICOS MANIFESTADOS POR
ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO AO RESOLVEREM SITUAÇÕES-
PROBLEMA RELACIONADAS À CONCENTRAÇÃO COMUM DE
SOLUÇÕES EM QUÍMICA**

Juliane Washov Pereira

**Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
PRPGEM**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA - PRPGEM

CONHECIMENTOS MATEMÁTICOS MANIFESTADOS POR ESTUDANTES DO
ENSINO MÉDIO AO RESOLVEREM SITUAÇÕES-PROBLEMA RELACIONADAS À
CONCENTRAÇÃO COMUM DE SOLUÇÕES EM QUÍMICA

Juliane Washov Pereira

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana Rezende
Coorientadora: Profa. Dra. Marli Schmitt Zanella
Apoio: Universidade Estadual do Paraná- UNESPAR
e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
Nível Superior - CAPES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
da Universidade Estadual do Paraná, linha de pesquisa:
*Conhecimento, linguagens e práticas formativas em
Educação Matemática*, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Mestre em
Educação Matemática.

União da Vitória-PR
Julho de 2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Washov Pereira, Juliane

Conhecimentos matemáticos manifestados por estudantes do ensino médio ao resolverem situações-problema relacionadas à concentração comum de soluções em Química / Juliane Washov Pereira. -- União da Vitória-PR, 2025.

153 f.

Orientador: Veridiana Rezende.


Coorientador: Marli Schmitt Zanella.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Educação Matemática) -- Universidade Estadual do Paraná, 2025.

1. Educação matemática. 2. Química. 3. Teoria dos Campos Conceituais. 4. Proporção Simples. 5. Concentração Comum de Soluções. I - Rezende, Veridiana (orient). II - Schmitt Zanella, Marli (coorient). III - Título.


CONHECIMENTOS MATEMÁTICOS MANIFESTADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO
MÉDIO AO RESOLVEREM SITUAÇÕES-PROBLEMA RELACIONADAS À
CONCENTRAÇÃO COMUM DE SOLUÇÕES EM QUÍMICA.

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 VERIDIANA REZENDE
Data: 18/08/2025 17:01:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Veridiana Rezende
Presidente da Comissão Examinadora

Unespar

Documento assinado digitalmente
 MARLI SCHMITT ZANELLA
Data: 18/08/2025 20:26:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Marli Schmitt Zanella
Coorientadora

UEM

Documento assinado digitalmente
 TALITA SECORUN DOS SANTOS
Data: 20/08/2025 14:44:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Talita Secorun dos Santos
Examinadora Interna

Unespar

Documento assinado digitalmente
 DEBORA PIAI CEDRAN
Data: 19/08/2025 07:59:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Débora Piai Cedran
Examinadora Externa

UEM

Resultado: Aprovada

União da Vitória
Julho de 2025

Dedico o presente trabalho a Deus e à minha família com todo o meu amor e gratidão pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me proporcionar saúde, sabedoria, coragem e perseverança para enfrentar as dificuldades e conquistar meus propósitos nessa vida.

Ao meu esposo, Clóvis, que esteve comigo em todos os momentos desse percurso de estudos, desde a Graduação, sempre me incentivando com amor e cuidado, principalmente nos dias de exaustão, de choros e noites sem dormir, em que não deixou de apoiar minhas “loucuras” nos estudos, como ele diz, rrsrs.

A meu filho, Victor Eduardo, meu parceirinho de todas as horas, agradeço a compreensão pela minha ausência em tantos momentos em que não pude estar presente devido aos estudos: você é minha força diária.

A meu pai, Geraldo (In memoriam), que é minha inspiração diária de sabedoria e busca pelo conhecimento, à minha mãe, Julene, pelo apoio em toda minha caminhada para a realização dos meus sonhos.

Aos meus avós, que não estão mais fisicamente aqui, mas tenho a certeza de que estão muito orgulhosos de ver a conquista da primeira Mestra da família: vocês estão sempre comigo em meu coração.

Às minhas queridas professoras, orientadora Veridiana e coorientadora Marli, gratidão pela paciência, pelos ensinamentos, pelas valiosas conversas e leituras, sempre cuidadosas, essenciais para o meu progresso e amadurecimento para finalizar com êxito esta pesquisa. Agradeço-lhes pela oportunidade de ter sido sua orientanda, a vocês, todo meu respeito, admiração e gratidão.

Às professoras da banca examinadora, Débora e Talita, agradeço pelas correções, apontamentos e sugestões, pois suas contribuições e ensinamentos foram fundamentais para esta pesquisa.

A todos os coordenadores, professores, funcionários e estagiários do Programa de Pós-Graduação em Matemática (PRPGEM) agradeço pelo convívio, discussões e incentivo que em muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas do PRPGEM agradeço pela parceria e incentivos ao longo desse processo, pelos momentos de conversa, café, desabaços e, acima de tudo, agradeço aos que construímos uma amizade em especial que será levada para a vida daqui em diante.

Aos membros do Grupo de Estudos e Pesquisa em Didática da Matemática (GEPeDiMa) pelos momentos de convívio, conversas e por proporcionarem tantos momentos de

aprendizagem. A participação de vocês também foi essencial no desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente com este trabalho, agradeço de todo coração.

O presente trabalho foi realizado com apoio da agência de fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR).

RESUMO

A Matemática é essencial para o estudo de diversas áreas do conhecimento, incluindo a Química. O conteúdo químico Concentração Comum de Soluções é estudado em Santa Catarina na 2ª série do Ensino Médio, ele está diretamente relacionado às operações de multiplicação e divisão, e são do tipo Proporção Simples. Com base na Teoria dos Campos Conceituais (TCC), assumimos nesta pesquisa que a compreensão de um conceito ocorre pelo sujeito a partir das experiências com diversas situações no contexto escolar, relacionadas ao conceito. Considerando que as situações-problema de Concentração Comum de Soluções são classificadas como Proporção simples, podendo variar as suas subclasses – Multiplicação um para muitos, Partição, Cota, e Quarta Proporcional, esta pesquisa busca responder a seguinte questão de pesquisa: *Que conhecimentos matemáticos são manifestados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes situações-problema de Proporção Simples relacionadas à Concentração Comum de Soluções, na disciplina de Química?* Diante do exposto, buscou-se identificar conhecimentos matemáticos de estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem essas situações-problema. Para tanto, foi elaborado um protocolo de pesquisa composto por oito situações-problema relacionadas às subclasses de Proporção Simples, que foram implementadas com 12 estudantes de uma escola estadual de Santa Catarina. Diante das análises das resoluções dos estudantes foi possível notar que em situações-problema de Concentração Comum de Soluções, a classe de situação Proporção Simples Cota (S5, S6) é mais complexa para os estudantes do que a Classe Proporção Simples Quarta Proporcional (S7, S8), seguidas da Proporção Simples Multiplicação um para muitos (S1, S2) e por último a Proporção Simples Partição (S3, S4) constituindo a subclasse mais simples de ser resolvida pelos estudantes. Foi possível indicar quatro (05) teoremas em ação verdadeiros e três (03) teoremas em ação falsos. Identificamos que o mesmo teorema em ação pôde ser manifestado em diferentes subclasses como em S1 e S2, S7 e S8. As análises mostram que diante de situação-problema apresentada apenas em língua natural com números inteiros os estudantes mobilizaram mais estratégias adequadas do que nas situações-problema que foram apresentadas em língua natural com números decimais combinadas com representações adicionais, como tabela ou gráfico. Os resultados mostram que a presença de uma nova forma de representação altera significativamente o desempenho dos estudantes, que acionaram esquemas mais variados na tentativa de resolver a situação-problema, mobilizando diferentes estratégias como uso de fórmula química, regra de três, operação de divisão e multiplicação, incluindo representações pictóricas e operações aditivas. As análises revelam a dificuldade e não familiaridade dos estudantes conforme variam as subclasses das situações-problema, sendo as situações de Proporção Simples Cota e Proporção Simples Quarta Proporcional mais complexas para os estudantes, e também aquelas que apresentam seus enunciados com informações na forma de tabelas e gráficos. Nestes casos, dificuldades matemáticas especialmente relacionadas a operações com números decimais interferem no sucesso das resoluções das situações-problema de Concentração Comum de Soluções.

Palavras-chave: Educação matemática; Química; Teoria dos Campos Conceituais; Proporção Simples.

ABSTRACT

Mathematics is essential for the study of several areas of knowledge, including Chemistry. The chemical content “Common Concentration of Solutions” is taught in the 2nd year of High School in Santa Catarina, Brazil, and it is directly related to multiplication and division operations, classified as Simple Proportion problems. Based on the Theory of Conceptual Fields (TCF), this research assumes that the understanding of a concept occurs through the subject’s experiences with various situations in the school context related to the concept. Considering that the problem situations of Common Concentration of Solutions are classified as Simple Proportion, which may vary into subclasses – Multiplication one-to-many, Partition, Rate, and Fourth Proportional – this research seeks to answer the following question: What mathematical knowledge is manifested by 3rd grade High School students when solving different Simple Proportion problem situations related to Common Concentration of Solutions in Chemistry? To this end, a research protocol was developed consisting of eight problem situations related to the subclasses of Simple Proportion, which were applied to 12 students from a state school in Santa Catarina. From the analysis of the students’ solutions, it was possible to observe that, in problem situations of Common Concentration of Solutions, the subclass Simple Proportion Rate (S5, S6) is more complex for students than the subclass Fourth Proportional (S7, S8), followed by Simple Proportion Multiplication one-to-many (S1, S2) and, lastly, Simple Proportion Partition (S3, S4), the simplest subclass for students to solve. The analysis identified four (04) true theorems-in-action and three (03) false theorems-in-action. It was also identified that the same theorem-in-action could be manifested in different subclasses such as S1 and S2, S7 and S8. The findings reveal that when the problem situation was presented only in natural language with integers, students mobilized more adequate strategies compared to situations involving natural language with decimals combined with additional representations such as tables or graphs. The results show that the presence of a new form of representation significantly altered students’ performance, who activated more varied schemes in attempting to solve the problem situation, mobilizing different strategies such as the use of the chemical formula, rule of three, division and multiplication operations, pictorial representations, and additive operations. The analyses indicate that students’ difficulties and unfamiliarity increase as the subclasses of problem situations vary, with Simple Proportion Rate and Fourth Proportional being the most complex, especially when the statements were presented with tables and graphs. In these cases, mathematical difficulties, particularly related to operations with decimal numbers, interfered with the successful resolution of problem situations involving the Common Concentration of Solutions.

Keywords: Mathematics Education; Chemistry; Theory of Conceptual Fields; Simple Proportion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Multiplicação um para muitos	41
Figura 2 - Situação-problema - Proporção Simples Partição.....	41
Figura 3 - Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Partição.....	43
Figura 4 - Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Cota.....	43
Figura 5 - Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Quarta Proporcional.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Competências da BNCC e do CBTC aplicadas no contexto de CCS.....	21
Quadro 2 – Habilidades que envolvem a interação entre Matemática e Química.....	22
Quadro 3 – Pesquisas relacionando o aprendizado de Química e o raciocínio matemático dos estudantes.....	26
Quadro 4 – Pesquisas relacionando Química e a Teoria dos Campos Conceituais.....	27
Quadro 5 – Classes e subclasses do Campo Conceitual da Estrutura Multiplicativa.....	38
Quadro 6 – Subclasses da Proporção Simples.....	38
Quadro 7 – Situação-Problema – Proporção Simples Multiplicação um para muitos.....	40
Quadro 8 – Situação-Problema – Proporção Simples Cota.....	42
Quadro 9 – Situação-problema – Proporção Simples Quarta Proporcional.....	43
Quadro 10 – Variáveis didáticas e valores considerados em cada situação-problema.....	50
Quadro 11 – Subclasses e enunciados das situações-problema.....	51
Quadro 12 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 1.....	55
Quadro 13 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação - problema 2.....	58
Quadro 14 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 3.....	60
Quadro 15 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 4.....	63
Quadro 16 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 5.....	65
Quadro 17 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 6.....	68
Quadro 18 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 7.....	71
Quadro 19 – Análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 8.....	74
Quadro 20 – Situações-problema da Proporção Simples - Multiplicação um para muitos.....	76
Quadro 21 – Estratégias manifestadas para resolução das situações-problema 1 e 2.....	76
Quadro 22 – Resoluções adequadas das situações-problema 1 e 2.....	78

Quadro 23 – Resoluções inadequadas das situações-problema 1 e 2.....	80
Quadro 24 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 1 e 2.....	85
Quadro 25 – Situações-problema da Proporção Simples – Partição.....	86
Quadro 26 – Estratégias utilizadas para a resolução das situações-problema 3 e 4.....	87
Quadro 27 – Resoluções adequadas das situações-problema 3 e 4.....	88
Quadro 28 – Resoluções inadequadas das situações-problema 3 e 4.....	89
Quadro 29 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 3 e 4.....	93
Quadro 30 – Situações-problema da Proporção Simples-Cota.....	94
Quadro 31 – Estratégias utilizadas para a resolução das situações-problema 5 e 6.....	94
Quadro 32 – Resoluções adequadas das situações-problema 5 e 6.....	96
Quadro 33 – Resoluções inadequadas das situações-problema 5 e 6.....	98
Quadro 34 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 5 e 6.....	101
Quadro 35 – Situações-problema da Proporção Simples-Quarta proporcional.....	102
Quadro 36 – Estratégias manifestadas para a resolução das situações-problema.....	103
Quadro 37 – Resolução adequada da situações-problema.....	104
Quadro 38 – Resolução inadequada das situações-problema.....	108
Quadro 39 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 7 e 8.....	111
Quadro 40 – Estratégias manifestadas com o uso da Fórmula Química para a resolução das situações-problema.....	114
Quadro 41 – Estratégias manifestadas com o uso da Regra de Três para a resolução das situações-problema.....	116
Quadro 42 – Estratégias manifestadas com o uso de outros esquemas para a resolução das situações-problema.....	117

LISTA DE SIGLAS

AE	Atividade Experimental
AS	Aprendizagem Significativa
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCC	Campo de Cinética Química
CCE	Campo Conceitual Estrutural
CBTC	Currículo Base do Território Catarinense
CCS	Concentração Comum de Soluções
CS	Concentração de Soluções
GEPeDiMa	Grupo de Estudos e Pesquisa em Didática da Matemática
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
PRPGEM	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
SED/SC	Secretaria Estadual de Educação/Santa Catarina
TCC	Teoria dos Campos Conceituais
UNESPAR	Universidade Estadual do Paraná

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFERENCIAIS TEÓRICOS E CONTEXTO DA PESQUISA.....	18
1.1 A relação entre Concentração Comum de Soluções em Química e Matemática	18
1.2 Competências e Habilidades da BNCC e do CBTC que Envolvem a Interação entre Química e Matemática.....	21
1.3 Levantamento de Pesquisas, Artigos, Teses e Dissertações da Área de Ensino.....	24
1.3.1 Pesquisas Relacionadas à Química e à Matemática	24
2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS.....	33
2.1 Subclasses da Proporção Simples.....	39
3 PERCURSO METODOLÓGICO.....	45
3.1 Problema de Pesquisa.....	45
3.2 Objetivos.....	45
3.3 Sujeitos Colaboradores da Pesquisa.....	46
3.4 Metodologia de Investigação e Contexto da Pesquisa.....	46
3.5 O Estudo Piloto	47
3.6 O Estudo Principal	48
3.7 Instrumento de pesquisa e análises <i>a priori</i>	49
3.8 Protocolo de Pesquisa.....	51
3.9 Apresentação das Situações-problema e análise <i>a priori</i> das possíveis estratégias de resolução.....	53
3.9.1 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 1.....	53
3.9.2 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 2.....	56
3.9.3 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 3.....	58
3.9.4 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 4.....	61
3.9.5 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 5.....	63
3.9.6 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 6.....	65
3.9.7 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 7.....	68
3.9.8 Apresentação e análise <i>a priori</i> da Situação-problema 8.....	71

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	75
4.1 Análises e Discussões das resoluções dos estudantes.....	75
4.1.1 Análises e Discussões das resoluções dos estudantes para as Situações-problema 1 e 2...	75
4.2.2 Análises e Discussões das Situações-problema 3 e 4.....	86
4.2.3 Análises e Discussões das Situações-problema 5 e 6.....	93
4.2.4 Análises e Discussões das Situações-Problema 7 e 8.....	102
4.2.5 Panorama geral dos esquemas dos estudantes relativo às oito Situações-problema.....	114
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS.....	126
APÊNDICES.....	131

INTRODUÇÃO

A escolha da temática desta pesquisa de mestrado em Educação Matemática voltada para o Ensino de Química é decorrente de minha¹ trajetória acadêmica e profissional. Nesta introdução, apresento algumas etapas da minha formação acadêmica, experiência docente e as justificativas com respaldo teórico para o desenvolvimento desta investigação que diz respeito às disciplinas de Química e Matemática no Ensino Médio.

No ano de 2017 eu finalizei a minha formação acadêmica no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). Desde o segundo ano da graduação atuo como professora do Ensino Médio da rede pública estadual de Santa Catarina lecionando as disciplinas de Química, Física e Matemática. Nesses 12 anos de experiência em sala de aula com as disciplinas mencionadas notei que os estudantes têm dificuldade em realizar cálculos matemáticos, principalmente quando envolve conceitos da Química.

No ano de 2023 eu ingressei no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PRPGEM), Mestrado Acadêmico, na UNESPAR, e, desde então, eu participo do Grupo de Estudos e Pesquisa em Didática da Matemática (GEPeDiMa) no qual uma das líderes é a orientadora desta pesquisa. O GEPeDiMa tem como um dos princípios investigar o Campo Conceitual de Função, tomando como base a Teoria dos Campos Conceituais (TCC). Logo, meu interesse foi aumentando, portanto, por conceitos, propriedades, teoremas e situações interligados ao conceito de função, dentre eles, diversos conceitos matemáticos tais como: multiplicação, divisão, proporção, volume, números (decimais, fracionários e inteiros) para poder compreender os conhecimentos manifestados pelos estudantes ao resolverem situações-problema em Química, que, muitas vezes, não são só dificuldades com cálculos matemáticos, mas também as dificuldades na integração dos conteúdos conceituais que envolvem Concentração Comum de Soluções (CCS) com a linguagem

Niezer *et al.* (2015; 2016) inferiram que, geralmente, em sala de aula, o conteúdo de soluções é ensinado com ênfase nos cálculos matemáticos e nas aplicações de fórmulas químicas sem relações com a vida cotidiana do estudante. Valorizando apenas os aspectos quantitativos que estão relacionados às fórmulas químicas e cálculos matemáticos.

¹ Parte desta introdução é escrita em primeira pessoa do singular, pois representa as experiências e a motivação pessoal da mestranda, proponente desta pesquisa.

A TCC (Vergnaud, 2003, 2009a) parte do pressuposto de que o desenvolvimento cognitivo do sujeito é um processo contínuo e progressivo no qual a formação de um conceito é construída ao longo da vida, decorrente das diferentes situações vivenciadas pelos sujeitos.

Para resolver uma situação específica o sujeito mobiliza “diversos tipos de conhecimentos para identificar os objetos e suas relações, estabelecendo, a partir disso, objetivos e regras de conduta adequadas para a resolução de problemas” (Vergnaud, 2009b, p. 23). Essas ações se refletem nos esquemas organizados pelos estudantes.

No que concerne à variedade de situações, bem como analisar os esquemas manifestados pelos estudantes nas resoluções das situações-problema de CCS, foco desta pesquisa, essa investigação propõe-se a explorar os conceitos, as propriedades, os teoremas e as situações que estão intrinsecamente ligados ao conceito de função, com ênfase nas relações matemáticas e químicas que se estabelecem dentro do contexto de resolução de problemas. Ao adotar essa abordagem, pretende-se compreender como diversos conceitos químicos e matemáticos, como multiplicação, divisão, proporção, volume e diferentes tipos de números (decimais, fracionários e inteiros), são mobilizados pelos estudantes para resolver problemas matemáticos e químicos, principalmente no estudo de CCS, tema essencial na disciplina de Química no Ensino Médio. A compreensão do conceito de CCS na Química exige dos estudantes não apenas o domínio de conteúdo específicos dessa ciência, mas também habilidades matemáticas relacionadas ao Campo Conceitual Multiplicativo e suas subclasses, conforme proposto por Gérard Vergnaud (1990, 2009c). A TCC oferece um arcabouço teórico para analisar como os estudantes mobilizam conhecimentos químicos e matemáticos na resolução de situações-problema envolvendo CCS, destacando a relação intrínseca entre conceitos, situações e representações simbólicas.

Para analisar as produções dos estudantes em situações-problema de CCS em Química, baseando-se na TCC, é essencial considerar diversos elementos da teoria que ajudam a compreender como os estudantes constroem os esquemas e resolvem as situações-problema. Com a TCC, a maneira como eles utilizam esquemas cognitivos foram analisadas. Tais esquemas cognitivos são representações mentais com as quais os estudantes organizam a ação para lidar com diferentes tipos de situações-problema, incluindo aqueles que envolvem cálculos matemáticos e conceitos químicos. Também foi analisada a estrutura de suas respostas a partir de diferentes elementos da teoria de Vergnaud, como esquemas, teoremas em ação, estratégias de resolução, antecipações e metas, e invariantes operatórios envolvidos nos cálculos manifestados por eles.

Dentre os diversos conteúdos químicos estudados no Ensino Médio, a CCS desperta o interesse para a presente investigação, trata-se de um conteúdo que possui uma diversidade de exemplos em sala de aula podendo ser abordado por meio de situações que ocorrem em fatos do cotidiano dos estudantes como, por exemplo, a quantidade de pó e de água para fazer café, diluição de pó para refresco, composição de medicamentos, entre outros.

O cálculo de Concentração Comum é uma parte importante da Química Analítica, a qual é apresentada aos estudantes de Santa Catarina na 2ª série do Ensino Médio, e envolve a determinação da quantidade de uma substância presente em uma solução por meio de cálculos matemáticos (Santa Catarina, 2021).

Cieslak (2021) analisou 6 livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático do ano de 2018 (PNLD/2018) da disciplina de Química, com foco em situações-problema que envolvessem CCS. Em sua análise, a pesquisadora identificou 69 situações-problema. Destas, foram identificadas 8 situações-problema de Cota, 13 de Multiplicação Um Para Muitos, 15 de Quarta Proporcional, e 33 situações-problema de Partição. Nota-se, portanto, que predomina nos livros didáticos de Química um tipo de estrutura de situações-problema relacionadas à CCS do tipo Partição, indicando a carência de situações-problema com representações diversificadas, assim como a diversidade, relacionadas a contextos, representações e classificações para desenvolver esquemas cognitivos. Pois, a variedade de situações é essencial para a construção significativa de conceitos, conforme a TCC de Vergnaud (2009a).

Do ponto de vista da TCC, é a diversidade de situações que possibilita a compreensão de um conceito, pois diferentes estruturas das situações possibilitam a construção de novos esquemas pelos estudantes, e, portanto, novas aprendizagens.

Assim, tendo como base a TCC, que tem como um dos princípios a diversidade de situações para serem apresentadas aos estudantes no decorrer da escolarização, relativo ao conceito em questão, a presente pesquisa se propõe responder a seguinte interrogação: *Que conhecimentos matemáticos são manifestados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes situações-problema de Proporção Simples envolvendo Concentração Comum de Soluções, na disciplina de Química?* Para responder o problema de pesquisa, foi formulado o seguinte objetivo geral: identificar conhecimentos matemáticos mobilizados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes subclasses de situações-problema de Proporção Simples envolvendo CCS em Química. Para tal, foram estabelecidos como objetivos específicos: investigar conceitos matemáticos e representações simbólicas manifestados nas resoluções dos estudantes ao resolverem situações-problema de Química que

contemplam as diferentes subclasses do tipo Proporção Simples; e identificar teoremas em ação mobilizados pelos estudantes em suas resoluções.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizados diversos estudos teóricos que forneceram base para o delineamento da investigação, organizou-se um protocolo de pesquisa contendo 8 situações-problema de CCS, com estruturas diversificadas, considerando as subclasses de Proporção Simples, e foram implementados o estudo piloto e o estudo principal com estudantes da 3ª série do Ensino Médio, visto que, nessa série, o referido conceito já havia sido apresentado aos estudantes.

Para a análise dos dados obtidos foram considerados os registros escritos produzidos pelos estudantes. Neste cenário, o texto está organizado em 4 capítulos.

O capítulo 1, intitulado *Referenciais Teóricos e Contexto da Pesquisa*, contempla: a relação do tema Concentração Comum de Soluções com a Matemática; definições e orientações de documentos oficiais que direcionam o ensino de Concentração Comum de Soluções na 2ª série do Ensino Médio; e pesquisas relacionadas à Química e Matemática, com ênfase naquelas que associam o ensino de CCS e a TCC.

O Capítulo 2 discorre acerca da TCC, em específico, o Campo Conceitual Multiplicativo, a classe de Proporção Simples e suas subclasses.

No capítulo 3 apresenta-se o percurso metodológico da pesquisa onde são apresentados a questão de pesquisa e os objetivos (geral e específico), a apresentação dos estudantes convidados para colaborarem com a investigação, o contexto no qual a investigação foi conduzida, o estudo piloto e o principal, o protocolo de pesquisa e as análises *a priori* no qual são apresentadas as situações-problema que constituíram o instrumento de pesquisa, e as possíveis estratégias e invariantes operatórios possíveis de serem mobilizados.

O capítulo 4 traz a discussão dos resultados sobre as análises das estratégias realizadas pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio que participaram do estudo principal da pesquisa.

Por fim, as considerações finais são apresentadas e em seguida as referências e os apêndices.

1 REFERENCIAIS TEÓRICOS E CONTEXTO DA PESQUISA

Neste primeiro capítulo são apresentados os referenciais teóricos que embasaram a pesquisa. São descritas as relações entre a Matemática e CCS e citadas orientações de documentos oficiais que direcionam o ensino de CCS 2ª série do Ensino Médio. Por fim, é apresentada uma breve revisão bibliográfica realizada no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), relacionadas à temática aqui estudada, onde foram encontrados alguns estudos que auxiliaram para a fundamentação e desenvolvimento da pesquisa.

1.1 A Relação entre Concentração Comum de Soluções em Química e Matemática

A Química é uma disciplina que estuda a matéria, suas propriedades, transformações e a relação com o cotidiano dos estudantes, ela é abordada ao longo de todas as etapas da Educação Básica no Brasil, mas com maior ênfase no Ensino Médio, onde os conceitos se aprofundam (Brasil, 2018).

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Química é abordada de forma progressiva ao longo das etapas da Educação Básica, a importância da disciplina é reconhecida tanto para a formação científica dos estudantes quanto na relação com o seu cotidiano, promovendo o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais para a compreensão dos fenômenos químicos e sua aplicação no dia a dia (Brasil, 2018).

No Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), a Química é introduzida de maneira exploratória e experimental, abordando temas como a matéria, suas propriedades, os estados físicos e as transformações químicas, os elementos e compostos químicos. A BNCC propõe que os estudantes compreendam os conceitos básicos de átomos, moléculas e suas interações, além de desenvolverem habilidades para observar e interpretar fenômenos naturais relacionados à Química (Brasil, 2018). Nesse nível de ensino, o conteúdo é trabalhado de maneira mais acessível, com ênfase na compreensão das transformações químicas do cotidiano, como mudanças de estado físico, dissolução de substâncias e reações simples. Ela propõe que os estudantes compreendam a matéria em sua diversidade, suas propriedades e mudanças, como também, investiguem os fenômenos naturais por meio da observação e experimentação de substâncias e suas transformações (Brasil, 2018).

No Ensino Médio, a BNCC sugere que os estudantes devem compreender os conceitos e as leis que regem os fenômenos químicos, com ênfase em suas aplicações na indústria, no ambiente e nas tecnologias, alinhando o estudo da Química às necessidades da sociedade contemporânea, como as reações químicas que ocorrem no corpo humano, por exemplo. Nessa etapa do ensino, a BNCC sugere que os estudantes estudem temas mais complexos, como as ligações químicas, reações químicas, termodinâmica, cinética química, ácidos e bases, além de tópicos mais avançados de Química Orgânica e Inorgânica. Nesse nível, o ensino de Química busca proporcionar aos estudantes uma compreensão aprofundada dos fenômenos químicos, com ênfase em sua aplicação em processos industriais, tecnológicos e ambientais, tornando a abordagem da Química mais aprofundada e técnica (Brasil, 2018).

Após a reforma para o novo Ensino Médio, esses conceitos são abordados na BNCC de maneira mais ampla, mostrando a Química relacionada com o cotidiano, e também, com a compreensão de processos naturais, como transformações químicas, reações e a interação da matéria na natureza, como também, em processos industriais (Brasil, 2018).

No Currículo Base do Território Catarinense (CBTC) a disciplina de Química segue as diretrizes e orientações estabelecidas pela Secretaria da Educação de Santa Catarina (SED/SC), alinhando seu conteúdo com as Diretrizes Curriculares Nacionais e as necessidades da Educação Básica. Como parte da formação científica dos estudantes, a disciplina é trabalhada de maneira a proporcionar um entendimento dos fenômenos químicos presentes no cotidiano e no meio ambiente, como é apresentada na BNCC (Santa Catarina, 2019; 2021).

De acordo com o CBTC, a disciplina de Química aborda o tema CCS na 2ª série. Com esse conteúdo os estudantes aprofundam conceitos relacionados às soluções, incluindo suas propriedades, cálculos de concentração e preparação de soluções, aplicando-os a contextos do cotidiano. Para resolver situações-problema desse conteúdo são empregados conceitos básicos de Matemática, já previstos no Ensino Fundamental, como as operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, conversão de unidades de medida, volume e números decimais. Esses conceitos matemáticos são essenciais para o entendimento e resolução dos cálculos de CCS no contexto químico (Santa Catarina, 2019; 2021).

O conteúdo de CCS envolve conceitos como dissolução, soluto, solvente, e, além da compreensão adequada desses termos que compõe as soluções, é necessário que os estudantes possuam conhecimentos prévios em Matemática básica, como a capacidade de relacionar unidades de medida e suas equivalências, além de dominar as quatro operações matemáticas e a Regra de Três. Transpor a linguagem matemática, como a relação massa/volume, para a

linguagem Química ao preparar uma solução, por exemplo, é essencial para a aplicação desses conceitos no contexto químico (Saraiva, 2017).

No Ensino Médio, o Currículo Catarinense detalha competências e habilidades específicas para a área de Ciências da Natureza, área na qual está incluída a Química, e os estudantes são incentivados a aprofundar seus conhecimentos em Matemática e suas tecnologias, aplicando-os em situações práticas, como o cálculo de CCS (Santa Catarina, 2021).

Para fazer essa quantificação de CCS são necessários alguns cálculos matemáticos envolvendo operações de multiplicação e divisão, por exemplo. A Concentração Comum é expressa em termos de quantidade de soluto por unidade de volume de solvente (Harris, 2001; Skoog *et al.*, 2006). A fórmula geral para o cálculo da Concentração Comum em Química é dada por $C = m/V$, sendo, C: concentração comum; m: massa do soluto/substância; e V: volume da solução. Os valores de concentração podem ser expressos em várias unidades, como molaridade (mol/L), porcentagem em massa, porcentagem em volume, entre outras, dependendo das necessidades específicas da análise química (Vogel, 1981; 2002).

A Matemática faz parte de diversas áreas do conhecimento, incluindo o ensino de Química, especialmente pelo suporte necessário de seus conteúdos, fórmulas e raciocínios lógicos. Observa-se uma grande dificuldade por parte dos estudantes em resolver situações que envolvam cálculos matemáticos, especialmente no conteúdo de CCS. Essa dificuldade pode surgir por vários fatores, como uma base insuficiente de conceitos matemáticos anteriores ou falta de prática ao longo dos anos (Ferreira, 2015; Saraiva, 2017).

Esse déficit de habilidades com cálculos básicos pode afetar a capacidade do aluno em resolver cálculos mais avançados, que dependem dos cálculos básicos para resolver situações-problema, como os encontrados em disciplinas de Química, Matemática, Física, Economia, entre outras (Benjamim, 2019).

A BNCC e o CBTC destacam a importância da interdisciplinaridade entre Matemática e Química, especialmente no ensino da CCS. Ambas as diretrizes ressaltam que a compreensão de grandezas e medidas, como a relação entre massa e volume, deve ser desenvolvida desde o Ensino Fundamental, preparando os estudantes para resolver situações-problema em contextos químicos. A integração entre essas disciplinas favorece a aprendizagem significativa, o pensamento crítico e a aplicação dos conhecimentos em situações do cotidiano, promovendo uma abordagem contextualizada e fundamentada da Ciência na escola (Brasil, 2018; Santa Catarina, 2019; 2021).

Nesse contexto, Química e Matemática estão diretamente relacionadas, a interação entre essas duas áreas do conhecimento proporciona uma visão mais completa e integrada da

realidade, permitindo que os estudantes não apenas compreendam os conceitos químicos, mas também sejam capazes de quantificá-los e aplicá-los em situações práticas do cotidiano.

Ambas as disciplinas são essenciais para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes e para a compreensão e aplicação de conceitos que permeiam o mundo ao nosso redor. A vivência de situações por cada indivíduo também estabelece diferentes relações entre elas, pois essas situações podem ocorrer por meio das representações linguísticas, combinando, recombinao ou rompendo com determinadas formas de pensar (Cedran, 2018).

1.2 Competências e Habilidades da BNCC e do CBTC que Envolvem a Interação entre Química e Matemática

Tanto na BNCC quanto no CBTC (ver Quadro 1) menciona-se que as interações entre Matemática e Química são fundamentais para o desenvolvimento de competências e habilidades, pois, garantem que os estudantes consigam integrar os conhecimentos de Matemática e Química de maneira prática, preparando-os para situações cotidianas e desafios acadêmicos e profissionais. O CBTC segue diretrizes semelhantes às da BNCC, mas com ênfase nas características regionais e no desenvolvimento do estudante dentro do contexto catarinense.

As competências e habilidades que envolvem a integração entre Matemática e Química são descritas de forma a valorizar o uso de cálculos e a aplicação de conceitos matemáticos na resolução de situações-problema de Química. A CCS é um exemplo de tema no qual o estudante utiliza a Matemática para calcular a relação entre a massa do soluto e o volume da solução, um conteúdo abordado tanto em Matemática quanto em Química. Na BNCC, esse tema é trabalhado no Ensino Fundamental e Médio, com foco na resolução de problemas, interpretação de dados e aplicabilidade dos cálculos matemáticos em situações reais (Brasil, 2018; Santa Catarina, 2021).

Quadro 1 - Competências da BNCC e do CBTC aplicadas no contexto de CCS (continua)

Competência	Descrição	Aplicação no contexto de CCS
1	Compreender e aplicar conceitos matemáticos em situações do cotidiano, como grandezas e medidas, especialmente nas relações entre massa e volume (Santa Catarina, p. 24, 2021).	Esta competência pode envolver o cálculo de concentrações de soluções, utilizando operações matemáticas como multiplicação, divisão e conversões de unidades. Em CCS, o estudante pode calcular a concentração, aplicando a fórmula $C = m/V$, expressas em unidades como g/L ou mol/L.

(conclusão)

Competência	Descrição	Aplicação no contexto de CCS
3	Desenvolver habilidades com diferentes registros de representação para a resolução de situações-problema, utilizando conhecimentos matemáticos e científicos de forma integrada (Santa Catarina, p. 24, 2021).	No contexto de CCS, os estudantes devem aplicar conhecimentos de Química (como definição de solução e soluto) e Matemática (como proporções e cálculos) para calcular a concentração das soluções. A competência enfatiza a integração entre essas áreas na resolução das situações-problema.
4	Utilizar diferentes linguagens (oral, corporal, gráfica, matemática, dentre outras) para expressar e comunicar ideias, sentimentos, desejos e experiências (Brasil, 2018).	Essa competência envolve a capacidade de expressar, de forma clara, os cálculos e raciocínios utilizados para resolver problemas de CCS. Os estudantes devem ser capazes de comunicar suas soluções matemáticas, usando linguagem verbal e matemática, e, se necessário, representar graficamente as concentrações.
5	Desenvolver a capacidade de argumentação e resolução de problemas, utilizando raciocínio lógico e crítico (Brasil, 2018).	Ao calcular a concentração de soluções, os estudantes devem ser capazes de argumentar sobre a plausibilidade de seus resultados, refletir sobre as variáveis envolvidas, como a pureza do soluto e a temperatura, e avaliar se as soluções encontradas são coerentes com o contexto do problema.

Fonte: Adaptado de Brasil (2018); Santa Catarina (2021).

A BNCC e o CBTC enfatizam a importância da interdisciplinaridade entre Matemática e Química no processo de ensino-aprendizagem, especialmente no tema da CCS. As competências e habilidades previstas nessas diretrizes envolvem a compreensão de grandezas, medidas e relações entre massa e volume, permitindo aos estudantes aplicar conhecimentos matemáticos em contextos químicos. Essa articulação favorece a resolução de situações-problema, como cálculos de concentração e conversões de unidades, promovendo uma aprendizagem contextualizada, lógica e aplicada ao cotidiano. A seguir, no Quadro 2, estão as principais habilidades que envolvem a interação entre Matemática e Química:

Quadro 2 - Habilidades que envolvem a interação entre Matemática e Química (continua)

Habilidade	Interação entre Matemática e Química
(EF09CI06): Utilizar conceitos matemáticos para resolver problemas práticos do cotidiano e da Química, como cálculos relacionados à quantidade de reagentes e produtos em uma reação, concentrações de soluções, rendimento de uma reação e interpretação de gráficos e tabelas químicas (Brasil, 2018, p. 154).	A BNCC enfatiza que, ao resolver problemas químicos do cotidiano, como os mencionados, os estudantes devem aplicar conceitos matemáticos como proporção, cálculos de concentração (por exemplo, em mol/L ou g/L), cálculos estequiométricos (como as relações entre massas e volumes em reações), e análise de gráficos relacionados a fenômenos químicos (Brasil, 2018).

(conclusão)

Habilidade	Interação entre Matemática e Química
(EF09CI07): Utilizar conceitos matemáticos, como álgebra, para calcular quantidades de substâncias, como mols, e outras grandezas associadas às reações químicas, como concentração e quantidade de energia envolvida (BNCC, 2018, p. 154).	A BNCC estabelece uma importante conexão entre os conhecimentos matemáticos e químicos, evidenciando como a álgebra e outros conceitos matemáticos são fundamentais para compreender e calcular grandezas químicas essenciais. Essa integração permite aos estudantes resolver problemas quantitativos relacionados a reações químicas, concentrações de soluções e energia envolvida nos processos químicos (Brasil, 2018).
(EF09CI08): Interpretar e construir gráficos e tabelas a partir de dados experimentais em Química, relacionando variáveis como temperatura, pressão, volume, e concentração, para compreender fenômenos químicos (Brasil, 2018).	A BNCC sugere que os estudantes devem desenvolver a habilidade de interpretar e construir gráficos e tabelas, pois esses instrumentos são frequentemente usados em experimentos químicos. Dessa forma, os gráficos de temperatura, pressão e volume (por exemplo, nas leis dos gases) são abordados de forma integrada, permitindo que o estudante compreenda como as variáveis estão relacionadas, assim como as quantidades em massa ou volume que estão relacionados na concentração de uma substância (Brasil, 2018).
(EF09CI09): Compreender e utilizar funções matemáticas, como exponenciais, logarítmicas, lineares e polinomiais, para resolver problemas e descrever fenômenos químicos (Brasil, 2018, p. 154).	A BNCC também destaca o uso de funções matemáticas para descrever fenômenos químicos, como funções exponenciais (no caso de cinéticas químicas e decaimentos radioativos), funções logarítmicas (como a escala de pH), e funções lineares e polinomiais (presentes na estequiometria e nos gráficos de concentração de reagentes e produtos ao longo do tempo (Brasil, 2018).
CBTC-MAT (SC) – Converter unidades de volume (mL → L) e massa (mg → g) (Santa Catarina, 2021).	Ajuste de unidades para garantir coerência nos cálculos de concentração (Santa Catarina, 2021).
CBTC-QUI (SC) – Relacionar proporções matemáticas à preparação de soluções (Santa Catarina, 2021).	Utilização da fórmula química $C = m/V$ (Santa Catarina, 2021).

Fonte: Adaptado de Brasil (2018); Santa Catarina (2021).

Essa relação entre as duas disciplinas é essencial para o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes, permitindo uma compreensão mais ampla dos fenômenos químicos e sua modelagem quantitativa, de maneira que ambas se complementam, favorecendo a construção de saberes mais profundos sobre o mundo natural e suas leis (Brasil, 2018). Essas habilidades não apenas fortalecem a compreensão de Química, mas também desenvolvem a capacidade de aplicar a Matemática em contextos científicos e práticos do cotidiano (Carmo, 2005).

Assim, busca-se um ensino que vá além da simples memorização de fórmulas, realização de cálculos matemáticos e conceitos, promovendo uma compreensão profunda desta ciência e seu papel no mundo. A metodologia do ensino de Química deve incluir atividades práticas e experimentos que permitam aos estudantes observar e compreender os conceitos químicos e matemáticos em ação. A aprendizagem deve ser baseada na investigação e resolução de problemas, incentivando o pensamento crítico e a aplicação prática dos conhecimentos (Brasil, 1999).

Neste sentido, Ferreira (2015) verificou em sua tese de doutorado, intitulada *Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções: proposta de ensino contextualizada*, que, além de utilizar seus conhecimentos químicos prévios, os estudantes devem integrar os conteúdos conceituais com a linguagem matemática para que os auxiliem na compreensão do tema abordado e apresentem os procedimentos de resolução de exercícios que envolvem CCS.

1.3 Levantamento de Pesquisas, Artigos, Teses e Dissertações da Área de Ensino

Considerando-se a fundamentação teórica desta investigação, qual seja, a TCC e o conteúdo de CCS de Química, apresenta-se, a seguir, um levantamento de pesquisas, artigos, teses e dissertações da área de Ensino obtidos no banco de dados da BDTD, do *GOOGLE SCHOLAR*, e no Catálogo da Capes os quais totalizaram 21 pesquisas com arquivos de livre acesso e 4 pesquisas às quais não houve acesso ao texto.

Para a presente dissertação, optou-se por discorrer sobre as 6 pesquisas que contemplam o ensino da CCS na disciplina de Química no Ensino Médio, o destaque para os cálculos matemáticos no ensino deste conteúdo, e aquelas cujo instrumento de trabalho foi analisado à luz da TCC.

1.3.1 Pesquisas Relacionadas à Química e à Matemática

A busca foi concentrada em investigações que relacionassem a Química e o ensino da Matemática na resolução desses cálculos envolvidos em situações-problema que abrangem CCS.

Para tanto, realizou-se uma pesquisa no banco de dados da BDTD e do *GOOGLE SCHOLAR*, tendo como critérios buscar publicações entre os anos de 2000 e 2023, utilizando como descritores: Química AND Teoria dos Campos Conceituais, Química AND Matemática, Concentração de Soluções AND Matemática, Teoria dos Campos Conceituais AND

Concentração de Soluções, Teoria dos Campos Conceituais, Concentração de Soluções, Matemática, Química, e Ensino Médio para o BDTD. Os mesmos descritores foram utilizados para o *GOOGLE SCHOLAR*, porém o AND foi substituído por E, devido ao melhor reconhecimento do sistema de busca da plataforma a partir desse termo.

Na BDTD, ao selecionar a opção de busca por ASSUNTO, houve respostas mais específicas nas áreas desejadas. Foram encontradas pesquisas relacionadas com os termos específicos que foram digitados e não apenas com uma das palavras que constavam nos descritores.

No *GOOGLE SCHOLAR*, os resultados apareceram de forma mais abrangente e não específica nas palavras que foram digitadas, pois a página busca pesquisas que contenham apenas uma das palavras e não os termos digitados por inteiro. Porém, após a leitura dos resumos foram encontrados alguns trabalhos relacionados à CCS e à TCC.

A partir dessas buscas, foram identificadas 21 pesquisas, das quais se realizou a leitura de títulos, resumos e introduções para a filtragem dos resultados. O critério utilizado para a seleção foi a escolha de pesquisas voltadas ao ensino de Química e Matemática, direcionadas ao Ensino Médio e tendo a TCC como teoria de base.

Além das investigações para encontrar dissertações e teses, também foram realizadas buscas por artigos científicos no portal de periódicos da CAPES em cuja plataforma foram utilizados os mesmos termos de busca: Química e Teoria dos Campos Conceituais, Química e Matemática, Concentração de Soluções e Matemática, Teoria dos Campos Conceituais, Concentração de Soluções, Matemática, Química, e Ensino Médio. Foram identificadas 6 pesquisas relacionadas à Química e à Matemática, 3 delas envolvendo especificamente o tema CCS no Ensino Médio e 4 com seu objeto de estudo analisado à luz da TCC.

A partir da seleção de pesquisas e com os resultados obtidos de acordo com os descritores foram elaborados os Quadros 3 e 4 que apresentam, respectivamente: o ano da publicação; o tipo da pesquisa: dissertação ou tese e a instituição de Ensino Superior; o título da pesquisa; o (a) autor (a) e o (a) orientador (a) e os objetivos da pesquisa. Após a leitura dos resumos de todas as produções científicas encontradas foi realizada outra filtragem para busca do tema específico de fundamentação da investigação proposta nesta dissertação.

Desse modo, das 21 investigações identificadas, 6 foram consideradas por terem alguma relação com o tema aqui pesquisado e estão inseridas nos Quadros 3 e 4.

No Quadro 3 estão inseridas pesquisas relacionadas ao aprendizado de Química e ao raciocínio matemático dos estudantes:

Quadro 3 - Pesquisas relacionando o aprendizado de Química e o raciocínio matemático dos estudantes

Ano	PPG/Instituição	Título	Autor/Orientador	Objetivos
2017	Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática/Instituto Federal do Ceará, <i>Campus Fortaleza</i> .	Concentração de Soluções no ensino médio: O uso de atividades experimentais para uma aprendizagem significativa	Francisco Alberto Saraiva (Prof ^{ta} . Dr ^a . Ana Karine Portela Vasconcelos)	Investigar as contribuições de atividades experimentais para aprendizagem significativa no estudo de Concentração de Soluções para estudantes do 2º ano do Ensino Médio.
2019	Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática/ Universidade Federal do Ceará.	Análises físico-químicas de soluções aquosas: Uma abordagem experimental e interdisciplinar como ferramenta impulsionadora da aprendizagem no ensino médio.	Glauber Oliveira Benjamim (Prof. Dra. Maria Mozarina Beserra Almeida)	Promover nos educandos uma maior aprendizagem em Físico-Química no tema Soluções, ministrado na Segunda Série do Ensino Médio, através de práticas experimentais interdisciplinares
2021	Mestrado em Educação Matemática/ Universidade Estadual do Paraná.	Problemas de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos de química: um estudo à luz da Teoria dos Campos Conceituais.	Adriéli Mazurek Cieslak (Prof. Dra. Veridiana Rezende, Profa. Dra. Marli Schmitt Zanella)	Analisar situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de Química do Ensino Médio, à luz da Teoria dos Campos Conceituais.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Foram verificadas 3 pesquisas referentes ao ensino do tema CCS e elas evidenciam restrições na aprendizagem dos estudantes com relação aos cálculos matemáticos envolvidos na resolução de tarefas relacionadas a esse tema em Química.

Dando continuidade ao estudo dos resultados obtidos nas buscas, observou-se 3 pesquisas (referentes à temática CCS relacionando a Química e o raciocínio matemático dos estudantes), analisadas à luz da TCC e apresentando relação de proximidade com o objeto de estudo da presente investigação, que relaciona Química e TCC.

Após as análises das publicações científicas encontradas, foram escolhidas as pesquisas que apresentaram investigações sobre as dificuldades de aprendizagem relacionadas à Química, envolvendo os cálculos matemáticos e, analisadas à luz da TCC.

No Quadro 4 são apresentadas as 3 pesquisas relacionando Química e a TCC e que possuem relação de proximidade com o objeto de estudo:

Quadro 4 - Pesquisas relacionando Química e a Teoria dos Campos Conceituais

Ano	PPG/Instituição	Título	Autor/Orientador	Objetivos
2010	Doutorado em Química. Universidade de São Paulo.	Conhecimento estereoquímico na aceção da Teoria dos Campos Conceituais.	Marco Antonio Bueno Filho. (Prof ^a . Dr ^a . Lilians Marzorati, Prof ^a . Dr ^a . Carmen Fernandez).	Estudo do campo dos conceitos estereoquímicos, sob a luz da Teoria proposta por Vergnaud.
2017	Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática. Universidade Federal do ABC.	Considerações sobre as relações conceituais entre o campo da cinética química e o campo estrutural estabelecidas por estudantes de graduação durante a resolução de tarefas.	Rodrigo Martins Santiago da Silva. (Prof. Dr. Marco Antonio Bueno Filho; Prof. Dr. Rodrigo Luiz Oliveira Rodrigues Cunha)	Contribuir com o estudo dos processos de conceitualização tendo como foco a construção de relações conceituais entre estrutura e reatividade e aspectos cinéticos das transformações no âmbito da inibição enzimática por parte de estudantes de graduação.
2018	Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática/ Universidade Estadual de Maringá.	O processo de conceitualização da estequiometria: um estudo à luz da Teoria dos Campos Conceituais.	Débora Piai Cedran. (Prof ^a . Dr ^a . Neide Maria Michellan Kiourani)	Investigar questões que dizem respeito à maneira como determinados conceitos são construídos em Química, mais especificamente, os conceitos pertinentes ao ensino de estequiometria. Para isso, esta pesquisa foi elaborada utilizando os preceitos da Teoria dos Campos Conceituais.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A dissertação de Saraiva (2017), intitulada *Concentração de Soluções no ensino médio: O uso de atividades experimentais para uma aprendizagem significativa*, buscou investigar como as contribuições de atividades experimentais (AE), relacionadas ao conteúdo Concentração de Soluções (CS), contribuíram para uma aprendizagem significativa (AS).

O pesquisador justifica que o conteúdo de CS, na disciplina de Química, tem se apresentado como uma das grandes dificuldades para estudantes do Ensino Médio, pois, na maioria das vezes, os estudantes têm dificuldades em converter a linguagem matemática, como a relação entre massa e volume, por exemplo, para a linguagem química ao preparar uma solução.

Para o desenvolvimento da investigação o pesquisador planejou e desenvolveu aulas sobre o estudo de CS, com carga horária de 14 horas/aula, para 3 turmas da 2ª série do Ensino Médio.

Foram analisados os dados coletados com os estudantes das referidas turmas por meio da aplicação de questionário. Para elaboração do questionário foram planejadas e desenvolvidas

3 situações-problema, sendo os três primeiros itens de cada questão relacionados a conceitos de Soluções e os demais envolvendo operações matemáticas. As respostas foram analisadas adotando os Níveis da Escala de Herron (1971). Também foi realizada uma entrevista com todos os estudantes para complementar as informações fornecidas pelas resoluções das situações-problema.

A análise dos dados levou Saraiva (2017) a concluir que a AE, na abordagem do conceito de CS, contribuiu para a AS, pois os estudantes apresentaram evolução em suas respostas. Observou-se que os erros matemáticos foram diminuindo ao longo da resolução dessas AE, mostrando que a prática facilitou a aquisição de uma nova informação na estrutura cognitiva do estudante com o tema CS.

Além da ferramenta da AE utilizada nesta pesquisa, com propósito de investigar os indícios para AS no estudo de CS, o autor optou também pela aplicação da proporcionalidade (Regra de Três Simples) nas relações matemáticas das equações matemáticas (fórmulas) e percebeu que, desta forma, os resultados foram satisfatórios. Porém, não se pode considerar que a proporcionalidade é a melhor metodologia para outros conteúdos químicos que necessitam de equações matemáticas para o seu desenvolvimento, sugerindo que esse é um desafio que poderá ser explorado por futuras pesquisas.

Benjamim (2019) buscou averiguar, em sua pesquisa intitulada *Análises Físico-Químicas de soluções aquosas: uma abordagem experimental e interdisciplinar como ferramenta impulsionadora da aprendizagem no ensino médio*, o impacto da aplicação de técnicas de Físico-Química, adaptadas ao ensino do conteúdo de Soluções, baseada na ação-reflexão e na aplicação prática dos conceitos em aulas experimentais (refratometria, picnometria, condutimetria e fotolorimetria), visando propiciar uma melhor compreensão do tema pelos estudantes.

Para isso, aplicou as situações-problema, amparadas no livro didático da turma, com 36 estudantes da 2ª série do Ensino Médio. Primeiramente, realizou uma avaliação diagnóstica com os discentes para observar e considerar o que os estudantes já sabiam sobre o tema e os dividiu em dois grupos semelhantes para a implementação das atividades práticas e obtenção de dados para análise.

O autor constatou que as práticas de Físico-Química promoveram uma maior assimilação de conceitos químicos, tais como solução, soluto e solvente, grandezas físicas como concentração, densidade e título, além de impulsionar a aprendizagem do conteúdo de equação da reta e seus gráficos, dentro da abordagem interdisciplinar. Os dados obtidos foram verificados por meio do questionário final aplicado para a turma concluindo que as técnicas de

refratometria e picnometria, quando aliadas, favorecem substancialmente o aprendizado e domínio de conceitos e procedimentos pertinentes ao estudo e preparação de soluções, tal como as grandezas envolvidas.

Em sua tese, intitulada *Conhecimento estereoquímico na acepção da Teoria dos Campos Conceituais*, Bueno Filho (2010) fez um estudo dos conceitos do campo estereoquímico à luz da TCC a fim de identificar os invariantes operatórios produzidos nas representações químicas em minicursos com o tema sobre conceitos estereoquímicos, realizados com estudantes de graduação em Química e Farmácia.

Esses minicursos sobre Estereoquímica foram oferecidos como fonte de coleta de dados para a pesquisa realizada, e, a partir da transcrição dos registros em vídeos e da análise qualitativa, foram inferidas informações sobre o conteúdo. Como resultado, foram propostos os invariantes operatórios associados: identidade estrutural (I), equivalência (E) e livre movimentação no espaço (M). Esta associação constituiu três esquemas diferentes que foram responsáveis por diferenças nas conclusões dos estudantes em pelo menos um dos episódios de estudo.

Diante disso, o pesquisador observou que, ao serem confrontados os diferentes resultados manifestados por cada estudante, nem todos utilizaram regularmente os mesmos invariantes operatórios. Bueno Filho (2010) concluiu que as atividades de natureza metacognitiva estão vinculadas à conceitualização e promovem uma tomada de consciência sobre a própria argumentação e sobre a do outro, ele também sugere que, mediante o cruzamento de dados psicométricos e com a análise dos registros efetuados em vídeo, a habilidade espacial não é configurada como o principal fator envolvido no sucesso na resolução de problemas estereoquímicos. Sendo a associação adequada dos invariantes operatórios e, também, a reflexão sobre os procedimentos empregados os elementos fundamentais ao desenvolvimento neste campo conceitual da Físico-Química.

Silva (2017), em sua dissertação intitulada *Considerações sobre as relações conceituais entre o Campo da Cinética Química e o Campo Estrutural estabelecidas por estudantes de graduação durante a resolução de tarefas*, teve como objetivo

identificar os conteúdos conceituais e os processos cognitivos gerais mobilizados durante a resolução de tarefas que envolvem a interface entre os campos de conceitos da Cinética Química e da Estrutura e Reatividade por estudantes de graduação sob a luz da Teoria dos Campos Conceituais". (Silva, 2017, pág. 16)

A partir de sua pesquisa Silva (2017) levantou três questões, a saber:

- A interação entre estudantes e entre estudantes e professor, enquanto estratégia de ensino para a discussão de transformações enzimáticas, pode mobilizar e entrelaçar conceitualmente o Campo Conceitual Estrutural (CCE) ao do Campo da Cinética Química (CCC)?
- Em caso afirmativo, quais invariantes operatórios são importantes na interface entre o CCE e o CCC?
- Considerando que as resoluções de tarefas em Bioquímica podem envolver estes campos, qual é a dinâmica ou a contribuição destes campos nos esquemas de ação dos estudantes?

Para responder essas questões, proporcionou aos estudantes um minicurso extracurricular com tarefas experimentais investigativas onde eles deveriam relacionar conhecimentos conceituais do CCE ao CCC. O pesquisador analisou os registros com o auxílio do software Transana®, os dados também foram submetidos à análise de correlação entre os conceitos e entre conceitos e as operações do pensamento utilizando-se o coeficiente de Jaccard/Tanimoto.

Os resultados obtidos mostraram que os estudantes tiveram dificuldades para estabelecer relações conceituais e que estas, quando existentes, são caracterizadas pelo estabelecimento de relações de dependência, pela elaboração de hipóteses e pela percepção da relação de conceitos que envolvem o CCC e da Estrutura e Reatividade como principais operações de pensamento. Salientou a construção de esquemas individuais e coletivos, assim como, a importância da mediação constante do professor no momento do aprendizado e no manejo dos conceitos durante a resolução de tarefas em sala de aula.

Com sua tese, intitulada *O processo de conceitualização da estequiometria: um estudo à luz da Teoria dos Campos Conceituais*, Cedran (2018, p. 17) teve como objetivo: “compreender o processo de conceitualização, mediante análise dos invariantes operatórios, mobilizados por estudantes da Licenciatura em Química, em situações que envolvem o campo conceitual da estequiometria”.

A pesquisadora aplicou, num curso de extensão com 28 estudantes de Licenciatura em Química, uma atividade prévia contendo 6 situações e uma atividade final para abordar os principais conceitos no campo da estequiometria. Cedran (2018) analisou os resultados, utilizando os preceitos da análise de conteúdo, e, para a interpretação, a TCC de Gérard Vergnaud. A autora verificou que os estudantes, em geral, mobilizaram, de diversas formas,

alguns invariantes pertencentes a este campo da Química, como a conservação da matéria, as relações proporcionais, a massa molar, os símbolos e a unidade mol. Porém, verificou-se que a complexidade das relações proporcionais, os símbolos químicos nas reações, a conservação em relações estequiométricas e os aspectos conceituais da massa molar e da unidade mol podem mobilizar invariantes que não revelem essas particularidades.

Cieslak (2021) justificou o desenvolvimento de sua pesquisa, intitulada *Problemas de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos de química: um estudo à luz da Teoria dos Campos Conceituais*, com o intuito de responder a seguinte questão: Como se caracterizam as situações-problema de CCS em livros didáticos de Química do Ensino Médio?

Para realizar as análises dos livros didáticos, a pesquisadora selecionou o volume da 2ª série do Ensino Médio das 6 coleções de Química aprovadas pelo PNLD 2018, pois tais obras apresentavam o conteúdo de CCS.

As análises da pesquisa de Cieslak (2021), à luz da TCC, mostraram que as situações de Concentração Comum estão associadas ao Campo Conceitual Multiplicativo, e são classificadas como Proporção Simples. Também se identificou que as situações podem sofrer variações em subclasses Partição, Multiplicação Um para Muitos, Cota e Quarta Proporcional, de acordo com a TCC.

Os resultados obtidos mostraram que as situações-problema que envolvem CCS são apresentadas nos livros didáticos analisados relacionando o cotidiano dos estudantes, e que os conhecimentos matemáticos como multiplicação, divisão, operações com números decimais, massa, volume e conversão de unidades de medida são essenciais para a resolução de situações-problema desse tema. Essas situações representam oportunidades de uso de conceitos matemáticos, ampliação no repertório de esquemas dos estudantes e, portanto, possibilitam aprendizagens matemáticas, a partir das resoluções de situações de Química (Cieslak, 2021).

A partir das análises dessas teses e dissertações, apresentadas nessa pesquisa, verificou-se que nenhuma delas têm alguma relação com o objetivo do trabalho desenvolvido na presente pesquisa. A dissertação de Cieslak (2021) apresenta fortes contribuições para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Dessa forma, a pertinência do desenvolvimento desta investigação, considerando que, dentre as pesquisas identificadas, apenas as pesquisas de Saraiva (2017), Benjamim (2019) e Cieslak (2021) são relacionadas à Química e à Matemática, as teses de Bueno Filho (2010) e Cedran (2018), e a dissertação de Silva (2017) relacionam outras áreas da Química e a TCC.

Destarte, apenas a pesquisa de Cieslak (2021) é relacionada ao ensino de CCS em Química e está fundamentada na TCC.

Nenhuma das pesquisas encontradas tem como o foco a identificação de conhecimentos matemáticos mobilizados por estudantes do Ensino Médio ao resolverem diferentes classes de situações-problema de CCS. Portanto, a TCC respalda teoricamente a investigação aqui apresentada nessa dissertação, especialmente no que se refere aos conceitos matemáticos envolvidos nas resoluções manifestadas pelos estudantes ao resolverem situações-problema de CCS, pois essa teoria valoriza a importância das situações variadas, de conceitos e conhecimentos necessários para a efetivação da aprendizagem do indivíduo.

A partir disso, no Capítulo 2 apresenta-se a fundamentação teórica que sustenta essa investigação, mostrando a relação entre a CCS em Química e a TCC, Campo Conceitual Multiplicativo, a classe de Proporção Simples e suas subclasses.

2 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Neste capítulo são descritos os aspectos principais da TCC necessários para o desenvolvimento desta pesquisa e para as análises das produções dos estudantes que participaram desta investigação. Para interpretação das resoluções das situações-problema de CCS em Química foram analisados os esquemas, as estratégias de resolução, metas e antecipações, os invariantes operatórios e teoremas em ação manifestados pelos estudantes e a maneira como adaptaram-se ao longo da resolução. Esses elementos permitiram entender não apenas a resposta final do estudante, mas também seu processo cognitivo e a maneira como ele organiza e utiliza seus conhecimentos para resolver a situação-problema.

Em seguida, são apresentados o Campo Conceitual Multiplicativo, a classe de Proporção Simples e suas subclasses, tendo situações-problema de CCS como exemplos.

A TCC, proposta pelo pesquisador e psicólogo francês Gérard Vergnaud, foi desenvolvida principalmente entre as décadas de 70 e 80, mas foi formalizada pelo autor em 1990, tendo como base a gênese da Teoria Piagetiana e o legado de Vygotsky, com o objetivo de esclarecer como as crianças e os adolescentes adquirem e desenvolvem conceitos (Cieslak, 2021; Vargas, 2023).

Para Vergnaud (1996b), a TCC trata-se de uma teoria cognitivista que busca, por meio do estudo do desenvolvimento e da aprendizagem do saber fazer e dos saberes expressos, uma forma de entender como os conceitos matemáticos são construídos e como o pensamento matemático se desenvolve nos sujeitos (Nogueira, Rezende, 2014).

Vergnaud (1982) estabelece que o conhecimento está estruturado em Campos Conceituais e seu domínio pelo aprendiz ocorre ao longo do tempo por meio da experiência, maturidade e aprendizagem (Moreira, 2002).

Dessa forma, um conceito não pode ser reduzido à sua definição, principalmente quando se busca investigar como ocorre sua aprendizagem e seu ensino. A TCC busca compreender como os conceitos matemáticos são construídos e organizados pelos estudantes, enfatizando a importância das relações entre esses conceitos e um conjunto de situações. Conforme Vergnaud (1983) um campo conceitual pode ser definido como um conjunto de situações, cujo domínio, demanda uma variedade de conceitos, procedimentos e representações simbólicas em uma conexão direta. Para Vergnaud (1986)

a descrição de um campo conceitual requer ao mesmo tempo a análise das situações (ou dos problemas), a análise dos procedimentos de tratamento

utilizados pelos alunos, os propósitos que têm e suas argumentações, as representações simbólicas que utilizam (Vergnaud, 1986, p. 84).

Essa conceitualização está ligada ao modo como as pessoas constroem e utilizam o conhecimento em diferentes contextos, principalmente em atividades de aprendizagem e resolução de problemas. Nesse viés, Vergnaud (1993, 2001, 2003, 2009b) relata que a compreensão de um conceito se desenvolve ao longo do tempo, estando intimamente relacionada às diversas situações que o estudante vivencia nesse processo. É por meio dessas situações e dos problemas a resolver que um conceito adquire sentido para o sujeito (Vergnaud, 1996b).

Para Vergnaud, os Campos Conceituais são capazes de atribuir significado aos problemas e às observações relacionadas ao processo de conceitualização, sendo unidades de estudo ricamente produtivas, assim, o autor define um Campo Conceitual como “[...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, interconectados entre si e provavelmente entrelaçados ao longo do processo de aquisição de conhecimento” (Vergnaud, 1982, p. 40).

Vergnaud (1994) destaca a importância de atentar-se aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações nas quais os aprendizes desenvolvem esses esquemas, seja no contexto escolar ou na vida cotidiana. Dessa forma, o pesquisador estabelece uma definição de conceito a partir da perspectiva cognitiva, pois considera que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a concepção de novos conceitos. A operacionalização de um conceito abrange diversas situações, expressando-se por meio de diversas ações e esquemas (Franchi, 1999).

Com a TCC diversas situações-problema vinculadas a um conceito são progressivamente exploradas, essas situações envolvem, conseqüentemente, vários conceitos e esquemas que o sujeito precisa mobilizar para resolver adequadamente os problemas apresentados. Além disso, também exige o uso de palavras e símbolos que permitam representar os conceitos de forma eficaz (Vergnaud, 1996b).

O termo “conceito” é fundamental nessa teoria na qual Vergnaud (1993) enfatiza que a primeira entrada de um campo conceitual é um conjunto de situações (Nogueira; Rezende, 2014). No entanto, os conceitos estão concomitantes com as situações, uma vez que “[...] a teoria dos campos conceituais surge, principalmente, como uma psicologia dos conceitos” (Vergnaud, 1993, p.9).

Por essa razão, o autor apresenta, sob a perspectiva psicológica, um Campo Conceitual (C), composto por três conjuntos, representado pela tríade $C = \{S, I, R\}$ (Vergnaud, 1990, p. 145; 1996a, p. 166; 2009a, p. 29; 2009b). Sendo:

- S: é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito (a referência): “[...] tornam o conceito significativo” (Magina, *et al.*, 2008, p. 7);
- I: é um conjunto de invariantes operatórios, associados ao conceito, que estruturam as formas de organização e a operação dos esquemas. Cada conjunto de situações desperta operações de pensamento específicas, relacionadas aos invariantes operatórios, que nem sempre são explícitos. Essas operações buscam modelar uma situação e extrair propriedades, relações ou aplicar um teorema, (o significado): “conjunto de invariantes operatórios (objetos, propriedades e relações) que podem ser reconhecidos e usados pelo sujeito para analisar e dominar as situações” (Magina, *et al.*, 2008, p. 7);
- R: é o conjunto das representações linguísticas e simbólicas que estão relacionadas à representação desses invariantes (o significante), sendo linguagem, diagramas, gráficos etc. Podem ser usados para “representar as situações e procedimentos para lidar com eles” (Magina, *et al.*, 2008, p. 7).

Cabe ressaltar aqui, a diferença entre o “C” utilizado na fórmula Química para quantificar a concentração de uma solução, em CCS, e, o “C” utilizado por Gérard Vergnaud na TCC. Neste caso, na CCS o “C” é uma grandeza física concreta que representa a quantidade de soluto dissolvido em relação a uma certa quantidade de solução. Trata-se de uma medida quantitativa de concentração utilizada em cálculos específicos no estudo de soluções químicas. Na TCC de Vergnaud, o “C”, muitas vezes, representa uma variável abstrata ou um conceito dentro de um Campo Conceitual, variando conforme o contexto e a interpretação dos conceitos envolvidos. Não se refere diretamente a uma grandeza física como a concentração em Química, mas sim a uma construção químico-matemática dentro de um campo de situações. Vergnaud (1990) afirma que, no aprendizado matemático, as variáveis e as relações entre elas são entendidas por meio de representações matemáticas e operações mentais que dependem do contexto do problema e do campo conceitual envolvido. Vergnaud define “C como conceito na formação do triplete de conjuntos” (Vergnaud, 1983a, p. 393; 1985, p. 5; 1990, p. 145; 1993, p. 8; 1997, p. 6)

O autor destaca que é preciso dar toda atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações nas quais os aprendizes desenvolvem seus esquemas na escola

ou na vida real (Vergnaud, 1994, p. 58). Afirma que o desenvolvimento da conceitualização auxilia no processo cognitivo, que não é só aquele que organiza as atividades, mas, também o modo de desenvolver formas inteligentes de organização, ao serem realizadas pelo sujeito (Vergnaud, 2003).

Para resolver uma determinada situação o sujeito manifesta “vários tipos de conhecimentos para identificar os objetos e suas relações e definir, a partir disso, objetivos e regras de conduta pertinentes para a resolução de problemas”, essas ações são manifestadas nos esquemas organizados pelos estudantes (Vergnaud, 2009b, p. 23).

O autor afirma que os esquemas são fundamentais na resolução de problemas, na aprendizagem e na adaptação cognitiva, esses esquemas são compostos por metas, regras, invariantes e inferências que estruturam a ação do sujeito em diferentes contextos. Define o esquema como uma organização invariante em uma determinada classe de situações, sendo um conceito fundamental para entender como o sujeito age de maneira operatória (Moreira, 2002).

O esquema é uma organização invariável para uma situação ou classe de situações específicas, é um esquema universal, eficiente para um conjunto de situações, capaz de gerar diferentes sequências de ações, procedimentos de coleta e controle de informações, dependendo da situação particular. Os esquemas se referem necessariamente às situações a ponto de Vergnaud (1998) defender o estudo da interação sob a perspectiva esquema-situação, em vez de sujeito-objeto, como defendia Piaget (Araújo Neto; Giordan, 2007).

Os conhecimentos em ação são elementos que formam esses esquemas, conhecimentos implícitos ou invariantes operatórios, junto com os objetivos, as regras em ação e as inferências ou os raciocínios que o sujeito organiza e utiliza para resolver as situações-problema (Vergnaud, 1993).

Para Vergnaud (2009b) os invariantes operatórios são elementos que compõem os esquemas de resolução e referem-se às propriedades estruturais de qualquer esquema, sendo passíveis ou não de generalização para diversas situações e objetos a serem conhecidos. Esses conhecimentos diferenciam-se em duas categorias denominados conceitos e teoremas-em-ação: “Um conceito em ação é um conceito considerado pertinente na ação. Um teorema em ação é uma proposição tida como verdadeira na ação” (Vergnaud, 2009, p.23). Eles podem ser explícitos ou não, conscientes ou não. Eles se tornam explícitos quando o sujeito toma consciência deles.

Os conceitos em ação não podem ser classificados como verdadeiros ou falsos, apenas pertencem ou não à situação e, os teoremas em ação podem, sim, ser verdadeiros ou falsos, e são de diferentes naturezas (Nogueira; Rezende, 2014).

Para Vergnaud (1996b) as situações são a porta de entrada de um Campo Conceitual, compõem um conjunto de tarefas que conferem sentido ao conceito. O conceito se torna significativo por meio de situações variadas. As relações estabelecidas pelo sujeito com essas situações e com seus significantes são o que conferem sentido. Um significante ou uma situação pode fazer o sujeito lembrar dos esquemas que formam o significado daquela situação ou significante.

Vergnaud (1993) estabeleceu dois campos amplamente reconhecidos e difundidos pela comunidade científica: o das estruturas aditivas e o das estruturas multiplicativas.

As situações-problema que foram selecionadas para essa pesquisa se estabelecem como um conjunto das situações que envolvem uma (ou mais) multiplicação e/ou divisão, sendo assim, a multiplicação não deve ser apresentada ao aluno somente como uma soma de parcelas iguais, mas abranger todos os conceitos que decorrem da multiplicação, que podem abranger proporcionalidade, divisão, combinatória, adição de parcelas iguais e organização retangular (Vergnaud, 2009b). Vergnaud (1993) destaca que

a teoria dos campos conceituais não é específica da Matemática, embora inicialmente tenha sido elaborada para explicar o processo de conceitualização progressiva das estruturas aditivas, das estruturas multiplicativas, das relações número-espaco e da álgebra[...] (Vergnaud, 1993, p. 1).

Sobre a teoria dos campos o autor complementa que “esta não é específica da matemática, mas é no campo da matemática que foram desenvolvidas as pesquisas mais sistemáticas. Estas pesquisas continuam, no entanto, incompletas ainda hoje” (Vergnaud, 2017 p.63).

As situações que envolvem a quantidade dos componentes de uma solução, abordados no tema CCS, necessitam de conceitos matemáticos, mais especificamente, os de estrutura multiplicativa para as respectivas resoluções, sendo possível classificar as situações-problema relativas à CCS de acordo com as classes estabelecidas para o Campo Conceitual Multiplicativo (Vergnaud, 2009a). Cieslak (2021) verificou que as situações-problema de CCS podem ser classificadas como de Proporção Simples, apresentando a variedade de suas 4 subclasses: Multiplicação Um para Muitos, Partição, Cota e Quarta Proporcional.

O Campo Conceitual da Estrutura Multiplicativa está organizado em relações ternárias e quaternárias. A relação quaternária envolve 4 quantidades, sendo 2 a 2 medidas diferentes, e uma das quantidades correspondente ao valor unitário; e está organizada em 3 classes de situações: Proporção Simples, Proporção Múltipla e Função Bilinear. A relação ternária

envolve 3 quantidades, das quais uma é o produto de outras 2; e está organizada em 2 classes: Produto Cartesiano e Comparação Multiplicativa (Vergnaud, 1996; Zanella; Rezende, 2024).

No Quadro 5 é apresentada a relação de cada uma das classes e as respectivas subclasses:

Quadro 5 – Classes e subclasses do Campo Conceitual da Estrutura Multiplicativa

Campo Conceitual	Relações	Classes	Subclasses
Estrutura Multiplicativa	Relação Quaternária	Proporção Simples	Multiplicação Um Para Muitos
			Cota
			Partição
			Quarta Proporcional
		Proporção Múltipla	Um Para Muitos
			Muitos Para Muitos
	Relação Ternária	Produto Cartesiano	Configuração Retangular
			Combinatória
		Comparação Multiplicativa	Relação desconhecida
			Referido desconhecido
		Referente desconhecido	

Fonte: Vergnaud (1996), Gitirana *et al.* (2014) e Zanella; Rezende (2024).

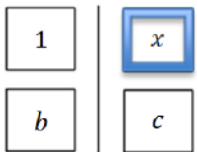
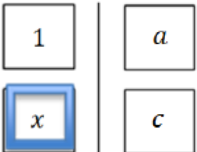
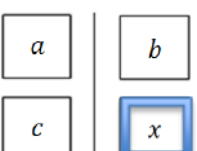
Na presente pesquisa, a classe de Proporção Simples será discutida de forma mais aprofundada. A Proporção Simples está organizada em 4 subclasses: Multiplicação Um para Muitos, Partição, Cota e Quarta Proporcional. No Quadro 6 serão apresentados um exemplo e o esquema relacional que representa cada uma das subclasses de Proporção Simples.

Quadro 6 – Subclasses da Proporção Simples

(continua)

Subclasse Proporção Simples	Esquema relacional	Descrição
Multiplicação um para muitos		A medida se relaciona à unidade. É dada (a unidade 1) e se deseja saber o valor que corresponde à segunda medida de mesma espécie da unidade.

(conclusão)

Subclasse Proporção Simples	Esquema relacional	Descrição
Divisão-partição Distribuição	ou 	É dada a correspondência entre duas medidas de natureza distintas, e se deseja saber a medida que corresponde à unidade.
Divisão-cotação ou cota		A medida que corresponde à unidade (medida igual a 1) é dada, e se deseja saber a medida que corresponde à de mesma natureza da unidade dada, ou quantas cotas/grupos se pode obter com a medida dada.
Quarta proporcional		A relação de proporcionalidade em que a medida correspondente à unidade não é explicitada e nem solicitada, podendo ser mais complexa caso as medidas dadas de mesma natureza, ou não, sejam múltiplas uma das outras.

Fonte: Miranda (2019, p. 60).

Baseando-se nesses conceitos da TCC, da qual faz parte o Campo Conceitual Multiplicativo, Cieslak (2021, p. 14), menciona em sua pesquisa que

enquanto aporte teórico, a TCC possibilita compreender as situações de Concentração Comum de Soluções, expressa por uma razão entre a massa do soluto e o volume de uma solução, permitindo, assim, associar tais situações-problema ao Campo Conceitual Multiplicativo. Nesse contexto, as resoluções dos problemas de Química dependem principalmente de conhecimentos matemáticos associados às operações de multiplicação e divisão, também de outros conceitos e ideias matemáticas, tais como números decimais, frações, proporções entre grandezas, conversão de unidades de medida, funções, volume, entre outros. (Cieslak, 2021, p. 14)

A seguir serão apresentadas as situações-problema classificadas por Cieslak (2021) a partir dos livros didáticos, analisados por ela à luz da TCC, e suas respectivas subclasses pertencentes à Proporção Simples.

2.1 Subclasses da Proporção Simples

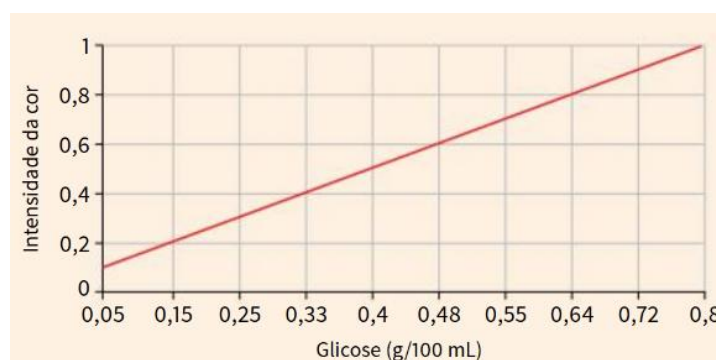
Conforme a classificação de situações-problema de CCS feita por Cieslak (2021), nos diferentes livros didáticos de Química, analisados à luz da TCC, serão apresentadas, nesta sessão, as subclasses pertencentes à classe de Proporção Simples.

Exemplo 1: Proporção simples - Multiplicação Um Para Muitos

No Quadro 7, apresenta-se uma situação-problema da classe de Multiplicação um para muitos, com enunciado representado em língua natural e gráfico.

Quadro 7 - Situação-Problema - Proporção Simples Multiplicação Um Para Muitos

IFTM-MG (2011). Descoberta em 1921 pelos pesquisadores canadenses Frederick G. Banting e Charles H. Best, a insulina é o hormônio que se encarrega o de reduzir os níveis anormais de glicose no sangue. Na doença chamada diabetes melito registra-se uma grave alteração do metabolismo dos hidratos de carbono (açúcares), em consequência da produção e secreção insuficientes de insulina. O primeiro sintoma que aparece na fase aguda do diabetes melito é o excesso de glicose no sangue (hiperglicemia), acompanhado quase sempre do excesso de glicose na urina (glicosúria) e da eliminação de grandes volumes de urina (poliúria). Quando a glicose atinge níveis superiores a cerca de 180 mg/dL no sangue, tende a ser eliminada na urina. A glicose, fórmula molecular C, H, O, se presente na urina, pode ter sua concentração determinada pela medida da intensidade da cor resultante da sua reação com um reagente específico, o ácido 3,5-dini-trossalicílico. Conforme ilustrado na figura:



Imaginemos que uma amostra de urina, submetida ao tratamento acima, tenha apresentado uma intensidade de cor igual a 0,4 na escala do gráfico. Pode se concluir que a quantidade aproximada de glicose nessa amostra é:

- a) 033 g de glicose por litro de urina.
- b) 0,33 g de glicose por mL de urina.
- c) 3,3 g de glicose por litro de urina.
- d) 3,3 g de glicose por 100 mL de urina.
- e) 33 mg de glicose por litro de urina.

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 92).

O problema traz uma única questão, com alternativas de múltipla escolha para as possibilidades de resposta, de acordo com a solicitação do enunciado. O gráfico de linhas exibe um conjunto de pontos conectado por uma linha que representa a variação da concentração de glicose em 100mL de urina de acordo com a intensidade de sua cor.

O gráfico representa um apoio visual, relacionando o índice de 0,4 da coloração da urina com o valor da concentração de glicose, que é de 0,33g em 100mL, expostos em números decimais. Para determinar a resposta é necessário que se faça a conversão em unidade de medida de volume em mL para L, que terá como resultado 3,3 g/L (3,3g de glicose por litro de urina). Segundo Gitirana *et al.* (2014) para os problemas do tipo de Proporção Simples e Multiplicação Um Para Muitos a quantidade que se relaciona à unidade é dada e deseja-se saber o valor correspondente à segunda grandeza de mesma espécie, cuja razão entre as duas espécies é a mesma.

A representação por meio de um esquema sagital para uma situação-problema de Proporção Simples envolve a correspondência de 2 tipos de medidas distintas. Desse modo, o esquema sagital a seguir representa a subclasse de Proporção Simples – Multiplicação um para muitos, como mostra a Figura 1:

Figura 1: Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema multiplicação um para muitos

$C = 10 \text{ g/L}$	
Volume (L)	Massa (g)
1	80
5	x

Fonte: Cieslak (2021).

Nessa representação as grandezas envolvidas são volume, massa e concentração (C), representada pela letra C e correspondente a um caso particular de taxa em Química (sempre m/V). Tem-se um litro de solução que está relacionado à quantidade de 10 g de massa, assim como, os 5 litros de solução estão relacionados à quantidade de massa que se deseja descobrir. O valor da unidade está presente e busca-se o valor correspondente a muitos.

Quando o valor que corresponde à certa quantidade é conhecido e busca-se o valor correspondente à unidade, uma variação desse tipo de situação-problema pode ser apresentada como a subclasse denominada Partição. Segue um exemplo para compreender essa subclasse.

Exemplo 2: Proporção Simples – Partição

A Figura 2 apresenta uma situação-problema do tipo Partição, tem seu contexto referindo-se ao hidróxido de sódio, popularmente conhecido como soda cáustica. Traz as informações do enunciado em língua natural e tabela.

Figura 2 - Situação-problema - Proporção Simples - Partição

	Fórmula do Solute	Massa do soluto (g)	Volume da Solução (L)	Concentração Comum (g/L)
a)	NaOH	80	5	?

Fonte: Ciscato *et al.* (2016, p. 35).

A situação-problema representada na Figura 3 trata, em seu contexto, da concentração de NaOH (Hidróxido de Sódio), as grandezas envolvidas são massa e volume e solicita encontrar o valor da concentração (C).

Considerando-se essas informações pode-se observar o seguinte esquema sagital para a situação-problema:

Figura 3: Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Partição

C = desconhecida.

Volume (L)	Massa (g)
1	x
5	80

Fonte: Cieslak 2021.

Nessa representação as grandezas envolvidas são volume, massa e concentração (C), busca-se o valor correspondente à unidade, tem-se o valor de 5 litros de solução que correspondem à 80 g de massa. Uma terceira variação desse tipo de situação-problema pode ser apresentada quando se tem o valor correspondente à unidade, uma quantidade dada e busca-se saber quantas cotas ou grupos pode-se obter com uma dada quantidade. Essa subclasse é denominada Cota e está exemplificada a seguir.

Exemplo 3: Proporção Simples – Cota

A situação-problema exposta no Quadro 8 tem seu contexto referindo-se à dosagem de um medicamento, conforme massa corporal, e é representada apenas por língua natural.

Quadro 8 - Situação-Problema – Proporção Simples – Cota

Um analgésico, em gotas, deve ser ministrado na quantidade de 3 mg por quilograma de peso corporal, não podendo exceder 200 mg por dose. Cada gota contém 5 mg de analgésico. Quantas gotas deverão ser ministradas a um paciente de 80 kg?

Fonte: Santos e Mol (2016, p. 75)

Considerando-se as informações do enunciado essa situação-problema, representada no Quadro 8, trata, em seu contexto, da razão da concentração de um medicamento administrado em gotas conforme a massa corporal de um paciente. As grandezas envolvidas são a massa do

medicamento e volume em gotas. Solicita-se encontrar o valor da dosagem, em gotas, que deve ser administrada a um paciente que tem massa corporal de 80kg.

Para representação dessa situação-problema observe-se o seguinte esquema sagital na Figura 4:

Figura 4: Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Cota

Razão = 5 mg/gota.

Volume (gotas)	Massa (g)
1	5
x	200

Fonte: Cieslak 2021.

Nessa representação, as grandezas envolvidas são volume (gotas), massa e a razão de 5 mg/gota. Tem-se o valor de 5 mg de massa para cada unidade de gota de medicamento e busca-se o valor do volume em gotas correspondente a 200 mg de medicamento.

Uma quarta variação desse tipo de situação-problema pode ser apresentada quando não se tem o valor correspondente à unidade ou taxa, e também não é solicitada. Essa subclasse é denominada Quarta proporcional e está exemplificada a seguir.

Exemplo 4: Proporção Simples - Quarta Proporcional

O Quadro 9 apresenta uma situação-problema da subclasse Quarta Proporcional, tem seu contexto referindo-se à concentração de sal na água do mar e é representada apenas por língua natural.

Quadro 9 – Situação-problema – Proporção Simples Quarta Proporcional

Um grupo de pessoas em uma embarcação ficou à deriva em alto-mar. Após alguns dias dessa situação passou a de risco de água potável disponível acabar. Um dos passageiros lembrou que eles ainda dispunham de 600 litros de água potável e que, se conseguissem obter uma solução com o máximo 10 g de cloreto de sódio por litro (concentração de um soro fisiológico), seria possível beber água do mar, garantindo a sobrevivência do grupo por mais tempo. Considere a concentração de cloreto de sódio na água do mar igual a 25 g/L. Qual é o volume de água do mar que deve ser usado?


Fonte: Novais; Antunes (2016, p. 53).

As grandezas envolvidas nesta situação-problema são concentração e volume, e a razão de 60 L de água para cada grama de cloreto de sódio. Traz em seu contexto uma certa quantidade

de água potável que pode ser aumentada com o acréscimo de água do mar, com uma dada concentração de cloreto de sódio. Solicita-se encontrar o volume de água do mar que deve ser utilizado. Para representar observe-se o seguinte esquema sagital na Figura 5:

Figura 5: Esquema sagital para representação da classificação da situação-problema Quarta Proporcional

Razão = 60.



Concentração (g/L)	Volume (L)
10	600
25	x

Fonte: Cieslak 2021.

Nessa representação as grandezas envolvidas são concentração e volume, e a razão de 60 L de água para cada grama de cloreto de sódio. Tem-se o valor de 10 g /L de concentração para cada 600 L de água potável, tem-se a concentração de cloreto de sódio na água do mar e busca-se o valor do volume da água do mar a ser utilizada. Finalizando assim, as quatro subclasses correspondentes à classe de Proporção Simples.

Desse modo, pode-se afirmar que as resoluções das situações-problema de CCS articulam diversas ideias, conceitos matemáticos e estruturas matemáticas, tomando como base a TCC. Precisamente, mostra-se aqui, com base em Cieslak (2021), que as situações-problema de CCS podem ser classificadas como Proporção Simples e possuem 4 variações: Multiplicação Um para muitos, Cota, Quarta Proporcional e Partição.

Assim, tendo como base a TCC para a elaboração do instrumento de pesquisa e da análise dos dados obtidos, justifica-se o desenvolvimento da presente pesquisa cuja proposta é analisar conhecimentos matemáticos de estudantes do Ensino Médio ao resolverem situações-problema que envolvem CCS. O protocolo de pesquisa foi elaborado considerando a diversidade de classes de situações do Campo Conceitual Multiplicativo, uma vez que as situações de CCS estão diretamente relacionadas às operações de multiplicação e divisão.

A seguir, no capítulo 3, serão apresentados os procedimentos metodológicos que nortearam a pesquisa, bem como o problema, objetivos e instrumento de pesquisa e as análises *a priori*.

3 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados a questão de pesquisa e os objetivos (geral e específicos), a apresentação dos estudantes, sujeitos que colaboraram com a investigação, o contexto no qual a investigação foi conduzida, informações sobre o estudo piloto, o estudo principal, o protocolo de pesquisa e as análises *a priori*. Apresentamos, também, as escolhas para o protocolo de pesquisa e o método e processo para análise dos resultados dos dados da investigação.

3.1 Problema de pesquisa

Considerando-se as justificativas para o desenvolvimento desta pesquisa² e tomando como base a Teoria dos Campos Conceituais, a presente pesquisa se propõe responder a seguinte questão:

Que conhecimentos matemáticos são manifestados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes situações-problema de Proporção Simples envolvendo Concentração Comum de Soluções, na disciplina de Química?

Para responder o problema de pesquisa, formulamos os seguintes objetivos, geral e específicos:

3.2 Objetivos

Objetivo Geral

- Identificar conhecimentos matemáticos mobilizados por estudantes da terceira série do Ensino Médio, ao resolverem situações-problema das diferentes subclasses de Proporção Simples envolvendo Concentração Comum de Soluções em Química.

² Essa pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR e também pela Coordenadoria Regional de Educação de Canoinhas, conforme a Resolução 466/2012 (CNS) e o Decreto nº 7037, de 2009.

Objetivos Específicos

- Investigar conceitos matemáticos e representações simbólicas manifestados nas resoluções dos estudantes, ao resolverem situações-problema de Química que contemplam as diferentes subclasses do tipo Proporção Simples;
- Identificar teoremas em ação mobilizados pelos estudantes em suas resoluções.

Sendo assim, foi implementado um instrumento de pesquisa para um estudo piloto e, posteriormente, para um principal, contendo 8 situações que envolvem as diversas subclasses da Proporção Simples.

3.3 Sujeitos Colaboradores da Pesquisa

Considerando os objetivos da pesquisa, foram convidados 12 estudantes colaboradores para essa investigação, estudantes da 3ª série do Ensino Médio Técnico em Ciência de Dados. Outros 3 estudantes de uma turma regular participaram do estudo piloto. Ambas as turmas de uma escola da rede estadual do norte de Santa Catarina.

As implementações foram realizadas durante as aulas de Química das turmas selecionadas e os estudantes já haviam estudado o conteúdo CCS na 2ª série.

3.4 Metodologia de Investigação e Contexto da Pesquisa

A realização da presente pesquisa ocorreu por meio de estudo empírico. Fundamentou-se nas análises das estratégias de resolução mobilizados pelos estudantes, permitindo identificar conhecimentos matemáticos manifestados por eles, padrões, estratégias e erros que corroborassem com interpretações fundamentadas na TCC de Vergnaud.

Para tanto, inicialmente, foram realizados estudos teóricos para dar sustentação ao desenvolvimento da pesquisa, tendo como tema o conteúdo químico CCS e suas relações com a Matemática. Esse estudo foi constituído por textos científicos, artigos, dissertações e teses que auxiliaram na fundamentação teórica da pesquisa.

A parte essencialmente empírica da pesquisa foi realizada com estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem situações-problema pertencentes à classe de Proporção Simples do Campo Conceitual Multiplicativo, contextualizadas a partir da temática inerente à CCS.

O percurso metodológico da pesquisa teve abordagem qualitativa para a qual Creswell (2007) propõe que o pesquisador a utilize para explorar e entender como os indivíduos ou os grupos de indivíduos denotam um problema social ou humano; envolvendo questões e procedimentos dos quais surgem os dados coletados no ambiente do participante, cuja análise é realizada pelo pesquisador a partir das interpretações e das particularidades e suas significâncias.

A investigação qualitativa envolve diferentes formas de conhecimento, estratégias e métodos para coleta e análise de dados coletados. Sendo considerada uma pesquisa interpretativa, a pesquisa qualitativa é uma forma de investigação interpretativa em que os pesquisadores fazem uma interpretação do que enxergam, ouvem e entendem. Suas interpretações não podem ser separadas de suas origens, história, contextos e entendimentos anteriores. Depois de liberado um relato de pesquisa, os leitores, assim como os participantes, fazem uma interpretação, oferecendo, ainda, outras interpretações do estudo. Com os leitores, os participantes e os pesquisadores realizando interpretações, ficam claras as múltiplas visões que podem emergir do problema (Creswell, 2007).

Para a realização do estudo empírico foram selecionadas situações-problema que estão relacionadas à CCS. As situações foram selecionadas considerando-se as diferentes subclasses de Proporção Simples, do Campo Conceitual Multiplicativo, conforme apontada essa possibilidade na pesquisa de Cieslak (2021). Por meio dessas diversas classes, as situações-problema foram selecionadas relacionando-as ao cotidiano do aluno, como concentrações no preparo de soro, rótulo de água mineral, dosagem de medicamentos, sal e leite.

Destarte, os dados para a pesquisa foram produzidos pelos registros escritos dos estudantes por meio da aplicação de situações-problema.

3.5 O Estudo Piloto

O estudo piloto ocorreu no dia 6 de novembro de 2024, em sala de aula, durante a aula de Química de outra professora, que não a professora que desenvolve a presente pesquisa, por meio da resolução das situações-problema propostas no protocolo de pesquisa. Para o estudo foram selecionados 3 estudantes da 3ª série do Ensino Médio Regular que aceitaram participar da pesquisa. As situações-problema foram solucionadas individualmente, sem consulta a livros ou outros materiais, em uma instituição pública estadual, na cidade de Porto União, situada ao norte do estado de Santa Catarina.

Na semana que antecedeu o dia da implementação foram entregues aos 3 estudantes 2 cópias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE; Apêndice B). A pesquisadora realizou a leitura dos documentos e explicou que se concordassem em participar da pesquisa deveriam levar para os responsáveis assinarem e que eles ficariam com uma cópia de cada documento, entregando apenas uma para ela no dia da aplicação.

No dia da implementação, após receber os termos assinados, foi entregue o protocolo de pesquisa (Apêndice A). Cada estudante recebeu as 8 cópias que continham em cada folha uma situação-problema. A pesquisadora pediu para que os estudantes se sentassem individualmente e explicou do que se tratava as situações-problema que estavam lhes sendo propostas, deixando claro que não haveria explicações iniciais ou “tira dúvidas” durante suas resoluções, e que poderiam resolver da forma que sabiam. Após a entrega, a resolução das situações-problema durou 2 horas/aula.

A realização do estudo piloto evidenciou a necessidade de uma adequação quanto às unidades de medida que faziam parte dos enunciados das situações-problema, deixando-as mais explícitas, para o protocolo de pesquisa do estudo final.

Durante a implementação do estudo piloto um dos estudantes falou em voz alta que havia lembrado o que era CCS: “Lembrei! CCS é aquela que usa a fórmula que tem concentração, massa e volume”. Tal fato não era esperado pela pesquisadora, pois influenciou na resolução dos demais estudantes. Esse fato sinalizou um alerta para que isso não ocorresse durante o estudo principal, e, para tanto, foi necessário reforçar as regras no dia da implementação principal, enfatizando que comentários dos estudantes poderiam interferir no resultado do estudo.

Por fim, considerando-se os esquemas apresentados pelos estudantes em seus protocolos de resolução do instrumento de pesquisa proposto, o estudo piloto auxiliou no aprimoramento do instrumento de pesquisa (unidades de medidas mais explícitas) e na ação da pesquisadora durante a implementação do protocolo de pesquisa para o estudo principal. Ainda, o estudo piloto realizado confirmou a viabilidade de sua implementação como meio para responder à questão de pesquisa.

3.6 O Estudo Principal

O estudo principal foi desenvolvido com a turma da 3ª série do Ensino Médio Técnico em Ciência de Dados, durante as aulas de Química, com a mesma professora regente da turma que participou do estudo piloto. Após a realização do estudo piloto, e com as adequações do

instrumento de pesquisa, realizou-se o estudo principal, com 12 estudantes da mesma escola pública estadual, na cidade de Porto União - SC. O instrumento de pesquisa (Apêndice C) foi implementado junto à turma no dia 25 de novembro de 2024. Uma semana antes da implementação do protocolo de pesquisa foram entregues aos 12 estudantes duas cópias do TCLE, a pesquisadora realizou a leitura dos documentos e explicou que se concordassem em participar da pesquisa deveriam devolvê-los assinados pelos seus responsáveis e que eles ficariam com uma cópia de cada documento, entregando apenas uma para ela no dia da realização da implementação. Todos os estudantes concordaram em participar da pesquisa. Após a entrega dos documentos assinados pelos responsáveis, no dia 25 de novembro de 2024, os estudantes foram orientados quanto à resolução das situações-problema, que foram realizadas individualmente sem consulta a qualquer material, sem conversas entre eles e que não teria, em nenhum momento, a possibilidade de tirar dúvidas a respeito das situações-problema. Os estudantes levaram duas horas/aula para resolver as 8 situações-problema do protocolo de pesquisa.

Diante disso, fazem parte dos dados desta pesquisa: os protocolos de resolução apresentados por cada estudante para as 8 situações-problema.

A seguir, são apresentados detalhes sobre a elaboração do instrumento da pesquisa.

3.7 Instrumento de pesquisa e análises *a priori*

Nesta seção são apresentadas as situações-problema que compõem o instrumento de pesquisa deste estudo, seguido pela classificação de cada situação-problema de acordo com suas tipologias na perspectiva da TCC e pela análise *a priori* realizada quanto às possíveis estratégias de resolução pelos estudantes. As situações foram selecionadas considerando as diversas classes do Campo Conceitual Multiplicativo e suas diferentes subclasses, conforme apontada essa possibilidade na pesquisa de Cieslak (2021). Para a elaboração das situações-problema foram consideradas suas relações com o cotidiano do estudante, como concentrações no preparo de soro, rótulo de água mineral, dosagem de medicamentos, leite e sal.

Conforme Bernardino (2022, p. 66), existem vários exemplos de variáveis didáticas como: “a formulação dos enunciados, a natureza dos números (decimais, racionais, negativos, positivos, números com muitos dígitos), presença de figuras, gráficos e tabelas, dentre outras”.

Almouloud (2016) afirma que os valores das variáveis podem ser modificados para interferir na escolha do conhecimento necessário em uma resolução, e cada uma das variáveis

didáticas foi selecionada para indicar possibilidades de manifestação de esquemas e/ou conhecimentos diferentes, em cada situação proposta, como ele menciona, existem diversas possibilidades de variações nas escolhas a serem feitas pelo pesquisador ao elaborar situações-problema para compor um instrumento de pesquisa.

Para a presente pesquisa, foram selecionadas quatro variáveis didáticas, sendo elas: variação de subclasses (as quatro subclasses da classe Proporção Simples), o contexto relacionado ao cotidiano do estudante (dosagens de medicamentos, leite, água e sal), diferentes representações (cada subclasse tivesse uma situação-problema representada somente em língua natural e a outra situação representada em língua natural e apoio visual), e o conjunto numérico dos números inteiros e/ou dos decimais.

Assim, a elaboração do instrumento de pesquisa considerou o uso de 4 variáveis didáticas³: subclasse, contexto, tipo de representação e conjunto numérico e seus respectivos valores, apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 - Variáveis didáticas e valores considerados em cada situação-problema

	Subclasse	Contexto	Representação	Conjunto numérico
1	Multiplicação um para muitos	Medicamento	Língua natural	Inteiros
2	Multiplicação um para muitos	Água mineral	Língua natural e tabela	Decimais
3	Partição	Medicamento	Língua natural	Inteiros
4	Partição	Solução fisiológica	Língua natural e tabela	Decimal
5	Cota	Solução salina	Língua natural	Decimal
6	Cota	Medicamento	Língua Natural e gráfico	Inteiros
7	Quarta Proporcional	Leite	Língua natural	Inteiros
8	Quarta Proporcional	Sal	Língua Natural e gráfico	Decimal

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

³ Segundo Bittar (2017), para elaboração das situações-problema devem ser consideradas as variáveis didáticas que são definidas pela autora como “[...] elementos das situações, que ao serem alterados implicam em mudanças de estratégias de resolução por parte dos alunos” (Bittar, 2017, p. 107).

Na seção seguinte serão apresentadas as situações-problema que compõem o instrumento de pesquisa.

3.8 Protocolo de Pesquisa

Nesta seção são apresentadas as situações-problema que compõem o instrumento de pesquisa e a classificação de cada uma de acordo com suas tipologias na perspectiva da TCC.

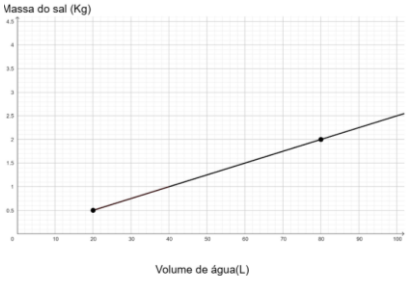
No Quadro 11 são apresentadas as situações-problema que compuseram o protocolo de pesquisa do estudo principal, as quais foram adaptadas pela autora, com base nas situações-problema retiradas dos livros didáticos analisados por Cieslak (2021). As 8 situações-problema são do tipo Proporção Simples, sendo 2 de cada uma de suas subclasses, ou seja: Cota, Multiplicação Um para muitos, Partição e Quarta Proporcional.

Quadro 11 - Subclasses e enunciados das situações-problema (continua)

Subclasse	Enunciado da Situação-Problema	Esquema Sagital
Multiplicação um para muitos	S1: Um frasco de descongestionante nasal contém em sua composição cloridrato de nafazolina na concentração de 3mg/mL. Qual a massa de nafazolina em mg, num frasco que contém 15 mL?	$m = \text{desconhecida}$
	S2: O rótulo de água mineral representado na tabela abaixo indica a concentração dos elementos presentes em sua composição. Qual é a massa de sódio, em mg, ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia?	$m = \text{desconhecida}$
Partição	S3: O diclofenaco é um medicamento utilizado para tratar dor e inflamação. Calcule a concentração em mg/mL de uma solução de medicamento com volume de 20 mL, que possui 300 mg de diclofenaco de potássio.	$C = \text{desconhecida}$

Subclasse	Enunciado da Situação-Problema	Esquema Sagital														
Partição	<p>S4: Foi administrado em um paciente hospitalar 1 L de soro em solução fisiológica. De acordo com os dados fornecidos na embalagem, ela contém a massa de cloreto de sódio a cada 100 mL, ou seja, 0,1 L.</p> <p>Qual a concentração em g/L, dessa solução de cloreto de sódio que o paciente tomou?</p> <table border="1" data-bbox="517 663 836 757"> <tr> <td>Cloreto de sódio</td> <td>0,9 g</td> </tr> <tr> <td>Água para injetáveis q. s. p.</td> <td>100 mL</td> </tr> <tr> <td>Osmolaridade</td> <td>308 mOsm/L</td> </tr> </table>	Cloreto de sódio	0,9 g	Água para injetáveis q. s. p.	100 mL	Osmolaridade	308 mOsm/L	<p>C = desconhecida</p> <table border="1" data-bbox="1018 439 1398 703"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Volume (L)</td> <td style="text-align: center;">Massa (g)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;"><input type="text" value="x"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,1</td> <td style="text-align: center;">0,9</td> </tr> </table>	↓		Volume (L)	Massa (g)	1	<input type="text" value="x"/>	0,1	0,9
Cloreto de sódio	0,9 g															
Água para injetáveis q. s. p.	100 mL															
Osmolaridade	308 mOsm/L															
↓																
Volume (L)	Massa (g)															
1	<input type="text" value="x"/>															
0,1	0,9															
Cota	<p>S5: Num frasco de solução salina há 100 g de cloreto de sódio. Calcule o volume, em mL, dessa solução, sabendo que ela possui uma concentração de 2,5g/mL.</p>	<p>V = desconhecido</p> <table border="1" data-bbox="1018 864 1398 1061"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Volume (mL)</td> <td style="text-align: center;">Massa (g)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2,5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="text" value="x"/></td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </table>	↓		Volume (mL)	Massa (g)	1	2,5	<input type="text" value="x"/>	100						
	↓															
Volume (mL)	Massa (g)															
1	2,5															
<input type="text" value="x"/>	100															
<p>S6: Observe o gráfico linear a seguir, que relaciona os valores correspondentes a massa (mg) e o volume (gotas) de um medicamento. Sabendo que a dosagem máxima diária não pode exceder 200 mg, quantas gotas devem ser ministradas a um paciente que precisa tomar a dosagem máxima?</p>	<p>razão= 5mg/gt</p> <table border="1" data-bbox="1018 1258 1398 1433"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Volume (gota)</td> <td style="text-align: center;">Massa (mg)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="text" value="x"/></td> <td style="text-align: center;">200</td> </tr> </table>	↓		Volume (gota)	Massa (mg)	1	5	<input type="text" value="x"/>	200							
↓																
Volume (gota)	Massa (mg)															
1	5															
<input type="text" value="x"/>	200															
Quarta Proporcional	<p>S7: O leite é um alimento rico em cálcio. Em cada 200 mL de leite ingerido consome-se 335 mg de cálcio. Determine a quantidade de cálcio em mg ingerida por um indivíduo que consome diariamente 600 mL de leite.</p>	<p>m = desconhecida</p> <table border="1" data-bbox="1018 1653 1398 1868"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">↓</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Volume (mL)</td> <td style="text-align: center;">Massa (mg)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">200</td> <td style="text-align: center;">335</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">600</td> <td style="text-align: center;"><input type="text" value="x"/></td> </tr> </table>	↓		Volume (mL)	Massa (mg)	200	335	600	<input type="text" value="x"/>						
↓																
Volume (mL)	Massa (mg)															
200	335															
600	<input type="text" value="x"/>															

(conclusão)

Subclasse	Enunciado da Situação-Problema	Esquema Sagital												
Quarta Proporcional	<p>S8: Um empreendedor obtém sal extraído da água do mar. O gráfico a seguir relaciona a quantidade de sal retirada de uma certa quantidade de água do mar. Nestas condições, se o empreendedor processar 10.000 L de água em um mês quanto irá obter de sal (kg)?</p> 	<p>m = desconhecida</p> <table border="1" data-bbox="933 481 1436 683"><tr><td></td><td style="text-align: center;">↓</td><td></td></tr><tr><td style="text-align: center;">Volume (L)</td><td style="border: none;"></td><td style="text-align: center;">Massa (kg)</td></tr><tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="border: none;"></td><td style="text-align: center;">0,5</td></tr><tr><td style="text-align: center;">10 000</td><td style="border: none;"></td><td style="text-align: center;">x</td></tr></table>		↓		Volume (L)		Massa (kg)	20		0,5	10 000		x
	↓													
Volume (L)		Massa (kg)												
20		0,5												
10 000		x												

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção seguinte são apresentadas as análises *a priori* de cada uma das situações-problema.

3.9 Apresentação das situações-problema e análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução

Nesta seção apresenta-se o instrumento de pesquisa e as análises *a priori* para cada uma das 8 situações-problema que o compõe.

3.9.1 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 1

A primeira situação-problema (S1) a ser analisada é representada em língua natural sem apoio visual, e pertence à classe Proporção Simples – Multiplicação Um Para Muitos, ou seja, associa a unidade (1) de uma grandeza e se deseja saber o valor que corresponde à segunda grandeza para várias quantidades de mesma espécie da unidade (Vergnaud, 1993 e Gitirana *et al* 2014).

Situação-problema 1: Um frasco de descongestionante nasal contém em sua composição cloridrato de nafazolina na concentração de 3 mg/mL. Qual a massa de nafazolina em mg, num frasco que contém 15 mL? Adaptado de Lisboa (2016, p. 17).

A primeira situação-problema apresenta inicialmente em seu enunciado a concentração em mg/mL de cloridrato de nafazolina em um frasco de descongestionante nasal e pede-se para que o estudante encontre a massa em mg de nafazolina contida num frasco de volume 15 mL.

Para identificar o valor da massa (x) há uma relação quaternária (Vergnaud, 2009a) de Proporção Simples - Multiplicação Um Para Muitos, representada da seguinte maneira:

m = desconhecida

┌───────────┴───────────┐
↓

Volume (mL)	Massa (mg)
1	3
15	x

Verifica-se no esquema sagital a relação existente entre o volume e a quantidade de massa de 3 mg contido em um mL, e busca-se contida em 15 mL a massa de nafazolina em mg. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{1}{15} = \frac{3}{x}$$

$$x = 15 \times 3$$

$$x = 45$$

Ou seja, $x = 15 \times 3 = 45$.

Assim, a massa de nafazolina contida num frasco que contém 15 mL é de 45 mg.

O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema 1 é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Multiplicação Um Para Muitos, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza e as medidas em questão são volume e massa. A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$3 = \frac{m}{15}$$

$$m = 3 \times 15$$

$$m = 45 \text{ mg}$$

Logo, $m = 3 \times 15 = 45$.

Assim, a massa de nafazolina contida num frasco que contém 15 mL é de 45 mg.

Considerando-se os esquemas de resolução adequados e inadequados foi elaborado um quadro com os esquemas de resolução apresentados pelos estudantes.

No Quadro 12 estão descritos os possíveis esquemas de resolução dos estudantes, a representação dos esquemas e os possíveis erros que podem ser manifestados nas resoluções da situação-problema 1.

Quadro 12 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 1

Possíveis Esquemas Adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{1}{15} = \frac{3}{x}$ $x = 15 \times 3$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $C = \frac{m}{v}$ $3 = \frac{m}{15}$ $m = 3 \times 15$ <p>Somente o cálculo numérico:</p> $\begin{array}{r} 15 \\ \times 3 \\ \hline 45 \end{array}$ $x = 15 \times 3$ $m = 3 \times 15$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na multiplicação;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores do enunciado na fórmula química.</p> <p>Interpretar de modo equivocado o enunciado.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção 3.9.2 discorre-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 2.

3.9.2 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 2

A segunda situação-problema (S2) a ser analisada é representada em língua natural com apoio visual, classificada como Proporção Simples – Multiplicação Um Para Muitos. Em seu enunciado apresenta o volume de água em litros (L), que um indivíduo consome diariamente e pede-se para encontrar o valor da massa de sódio ingerida por ele ao consumir dois litros de água, utilizando os dados fornecidos na tabela.

Situação-problema 2: O rótulo de água mineral representado na tabela abaixo indica a concentração de sódio presente em sua composição. Qual é a massa de sódio em mg, ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia? Adaptado de Novais e Antunes (2016, p. 37).

Composição química em mg/L:

Bicarbonato	2,98	Cloreto	0,01
Sódio	0,662	Magnésio	0,033
Potássio	0,499	Sulfato	0,02
Cálcio	menor que 0,5	Nitrato	0,17

Características físico-químicas: pH a 20 °C:

Temperatura da água na fonte 22 °C
Resíduo de evaporação a 180 °C 10 mg/L

A segunda situação-problema apresenta o recorte do rótulo de uma água mineral, representado por uma tabela. Em seu enunciado indica a concentração de sódio presente na composição da água e pede-se para que o estudante encontre a massa de sódio em mg, ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia.

Para identificar o valor da massa (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples Multiplicação - Um Para Muitos, representada da seguinte maneira:

m = desconhecida

Volume (L)	Massa (mg)
1	0,662
2	x

Verifica-se no esquema sagital a relação existente entre o volume e a quantidade de 0,662 mg massa de sódio contido em um litro de água, e busca-se em 2 L de água a massa de sódio em mg. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{1}{2} = \frac{0,662}{x}$$

$$x = 2 \times 0,662$$

$$x = 1,324$$

Assim, a massa de sódio contida em dois litros de água é de 1,324 mg. O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema dois é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Multiplicação um para muitos, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza e as medidas em questão são volume e massa (Vergnaud, 2009a). A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$0,662 = \frac{m}{2}$$

$$m = 0,662 \times 2$$

$$m = 1,324 \text{ mg}$$

Logo, o resultado da massa de sódio contida 2 L de água é de 1,324 mg.

No Quadro 13 estão descritas as análises *a priori* realizadas nessa situação-problema.

Quadro 13 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 2

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{1}{2} = \frac{0,662}{x}$ $x = 2 \times 0,662$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $C = \frac{m}{v}$ $0,662 = \frac{m}{2}$ $m = 0,662 \times 2$ $\begin{array}{r} 0,662 \\ \times 2 \\ \hline 1,324 \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na multiplicação;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção 3.9.3 discute-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 3.

3.9.3 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 3

A terceira situação-problema (S3) a ser analisada é representada em língua natural, classificada como Proporção Simples – Partição. Nesta subclasse, o valor de muitos é dado, o elo de correspondência entre duas grandezas de natureza diferente, e deseja-se descobrir o valor unitário (Bernardino, 2022).

Em seu enunciado pede-se para calcular a concentração de diclofenaco em mg/L de uma solução que apresenta 20 mL de volume e 300 mg do medicamento.

Situação-problema 3: O diclofenaco é um medicamento utilizado para tratar dor e inflamação. Calcule a concentração em mg/mL, de uma solução de medicamento com volume de 20 mL, que possui 300 mg de diclofenaco de potássio. Adaptado de Lisboa (2016).

Para identificar o valor da concentração (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples - Partição, representada da seguinte maneira:

C = desconhecida

┌───────────┐ └───────────┘	
Volume (mL)	Massa (mg)
1	x
20	300

Verifica-se no esquema sagital a relação existente entre o volume da solução e a quantidade de 300 mg de massa de diclofenaco de potássio contido em 20 mL de solução, e busca-se a concentração em um mL de solução a massa de sódio em um mg. Algebricamente, podemos representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{1}{20} = \frac{x}{300}$$

$$20 x = 300$$

$$x = \frac{300}{20}$$

$$x = 15$$

Assim, a concentração de sódio é de 15 mg/mL, de uma solução. O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema três é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Partição, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza, buscando o valor unitário, e as medidas em questão são volume e massa (Vergnaud, 2009a). A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$C = \frac{300}{20}$$

$$C = 15 \text{ mg/mL}$$

Portanto, essa representação $C = \frac{300}{20}$ traz o resultado da concentração de diclofenaco de potássio contido, que é de 15 mg/mL.

No Quadro 14 estão descritas as análises *a priori* realizadas nessa situação-problema.

Quadro 14 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 3

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{1}{20} = \frac{x}{300}$ $20x = 300$ $x = \frac{300}{20}$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{300}{20}$ $x = 300 \div 20$ $\begin{array}{r l} 300 & 20 \\ -300 & 15 \\ \hline 000 & \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção 3.9.4 discorre-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 4.

3.9.4 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 4

A quarta situação-problema (S4) a ser analisada é representada em língua natural com apoio visual do tipo tabela, classificada como Proporção Simples – Partição. Em seu enunciado traz a quantidade de soro que foi administrado em um paciente e pede-se para calcular a concentração de cloreto de sódio em g/L, de uma solução que apresenta 0,1 litro de volume e 0,9 g cloreto de sódio.

Situação-problema 4: Foi administrado em um paciente hospitalar 1 L de soro em solução fisiológica. De acordo com os dados fornecidos na embalagem, ela contém a massa de cloreto de sódio a cada 100 mL, ou seja, 0,1 L.

Qual a concentração em g/L, dessa solução de cloreto de sódio que o paciente tomou? Adaptado de Santos e Mol (2016, p. 68).

Cloreto de sódio	0,9 g
Água para injetáveis q. s. p.	100 mL
Osmolaridade	308 mOsm/L

Para identificar o valor da concentração (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples- Partição, representada da seguinte maneira:

C = desconhecida

┌───────────┴───────────┐
↓

Volume (L)	Massa (g)
1	x
0,1	0,9

Verifica-se no esquema sagital, a relação existente entre o volume da solução e a quantidade de massa de 0,9 g de cloreto de sódio contido em 0,1 L de solução, e busca-se a concentração em um L de solução fisiológica. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{1}{0,1} = \frac{x}{0,9}$$

$$0,1 x = 0,9$$

$$x = \frac{0,9}{0,1}$$

$$x = 9$$

Assim, a concentração de cloreto de sódio é de 15 mg/mL, nessa solução. O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema quatro é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Partição, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza, buscando o valor unitário, e as medidas em questão são volume e massa (Vergnaud, 2009a). A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$C = \frac{0,9}{0,1}$$

$$C = 9 \text{ mg/mL}$$

Portanto, a concentração de diclofenaco de potássio contido é de 9 mg/mL.

No Quadro 15 estão descritas as análises *a priori* realizadas nessa situação - problema.

Quadro 15 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação - problema 4

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{1}{0,1} = \frac{x}{0,9}$ $0,1 x = 0,9$ $x = \frac{0,9}{0,1}$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{0,9}{0,1}$ $x = 0,9 \div 0,1$ $\begin{array}{r} 0,9 \quad \quad 0,1 \\ -0,9 \quad \quad 9 \\ \hline 00 \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção 3.9.5 discute-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 5.

3.9.5 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 5

A quinta situação-problema (S5) a ser analisada é representada em língua natural, classificada como Proporção Simples – Cota. Nesta subclasse, o valor unitário é dado, e é necessário encontrar o número de unidades correspondentes a uma grandeza de outra espécie dada (Bernardino, 2022).

Em seu enunciado traz a quantidade de cloreto de sódio que há num frasco de solução salina e pede-se para calcular o volume dessa solução em mL. Sabe-se que a solução apresenta uma concentração de 2,5g/mL.

Situação-problema 5: Num frasco de solução salina há 100 g de cloreto de sódio. Calcule o volume em mL, dessa solução, sabendo que ela possui uma concentração de 2,5g/mL. Adaptado de Santos (2016).

Para identificar o valor do volume (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples - Cota, representada da seguinte maneira:

V = desconhecido

┌───────────┐	
└───────────┘	
Volume (mL)	Massa (g)
1	2,5
x	100

Verifica-se no esquema sagital a relação existente entre o volume e a quantidade de massa de 100 g de cloreto de sódio nessa solução, e busca-se o volume em mL. Sabendo que a concentração é de 2,5 mL e possui 100 g de cloreto de sódio, o enunciado pode ser representado algebricamente por:

$$\frac{1}{x} = \frac{2,5}{100}$$

$$2,5 x = 100$$

$$x = \frac{100}{2,5}$$

$$x = 40$$

Assim, o volume da solução de cloreto de sódio é de 40 mg/mL. O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema quatro é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Cota, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza, buscando o valor de outra espécie dada, e as medidas em questão são volume, massa e concentração (Vergnaud, 2009a). A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$2,5 = \frac{100}{V}$$

$$2,5 V = 100$$

$$V = \frac{100}{2,5}$$

$$V = 40 \text{ mL}$$

Portanto, o volume da solução é de 40 mL.

No Quadro 16 estão descritas as análises *a priori* realizadas nessa situação - problema.

Quadro 16 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação - problema 5

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
$V = \frac{100}{2,5}$ $C = 100 \div 2,5$ $100 \times = 2,5$ $x = \frac{100}{2,5}$ $x = 100 \div 2,5$ $\begin{array}{r} 100 \quad \quad 2,5 \\ -10 \quad 40 \\ \hline 000 \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

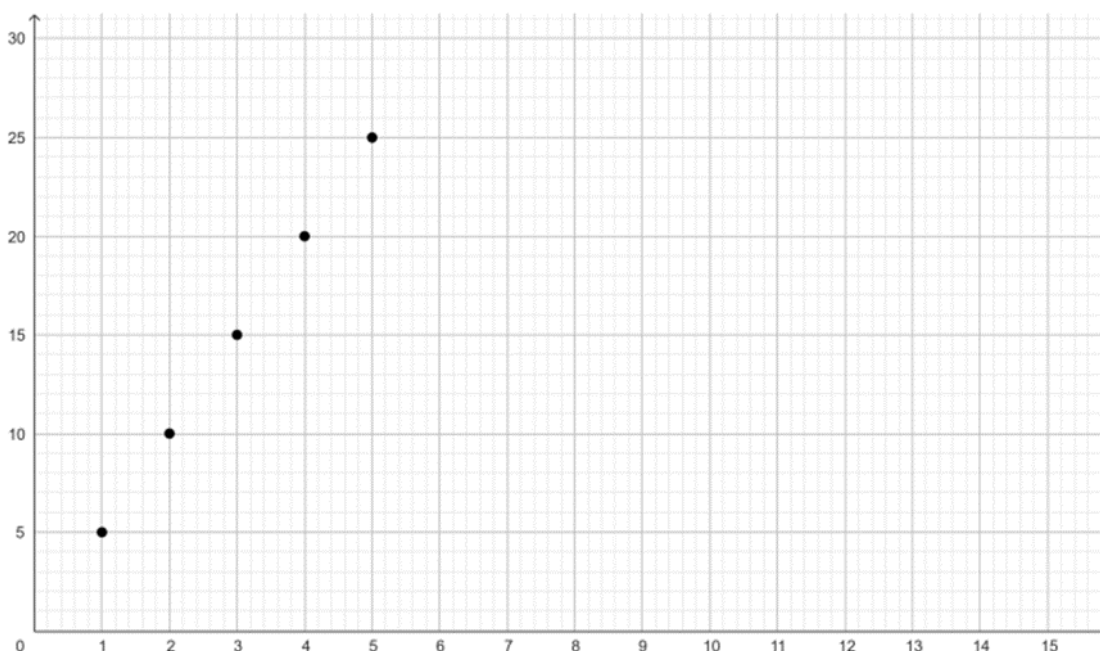
Na seção 3.9.6 discorre-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 6

3.9.6 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 6

A sexta situação-problema (S6) a ser analisada é representada em língua natural e apoio visual do tipo gráfico, classificada como Proporção Simples – Cota, nesta subclasse, o valor unitário é dado, e é necessário encontrar o número de unidades correspondentes a uma grandeza de outra espécie dada (Bernardino, 2022).

Em seu enunciado traz a massa e a quantidade de gotas de um medicamento. Sabe-se a dosagem máxima que pode ser consumida por um paciente e pede-se para calcular quantas gotas possui essa dosagem.

Situação-problema 6: Observe o gráfico linear a seguir, que relaciona os valores correspondentes a massa (mg) e o volume (gotas) de um medicamento. Sabendo que a dosagem máxima diária não pode exceder 200 mg, quantas gotas devem ser ministradas a um paciente que precisa tomar a dosagem máxima? Adaptado de Santos e Mol (2016, p. 75).



Para identificar a quantidade de gotas (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples- Cota, representada da seguinte maneira ao observarmos o ponto no gráfico:

razão= 5mg/gt

Volume (gota)	Massa (mg)
1	5
x	200

Verifica-se no esquema sagital, a relação existente entre o volume de 1 gota e a quantidade de massa de 5 mg desse medicamento, e busca-se o volume em gotas para uma dosagem máxima de 200 mg. Destarte, o enunciado pode ser representado algebricamente por:

$$\frac{1}{x} = \frac{5}{200}$$

$$5x = 200$$

$$x = \frac{200}{5}$$

$$x = 40$$

Assim, 40 gotas é a quantidade que possui uma dosagem máxima do medicamento. O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema quatro é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Cota, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas, de mesma natureza, buscando o valor de outra espécie dada, e as medidas em questão são massa e gotas (Vergnaud, 2009a). A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

$$5 = \frac{200}{V}$$

$$5V = 200$$

$$V = \frac{200}{5}$$

$$V = 40 \text{ gt}$$

Portanto, o volume da solução é de 40 gotas.

No Quadro 17 estão descritas as análises *a priori* realizadas nessa situação - problema.

Quadro 17 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação - problema 6

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{1}{x} = \frac{5}{200}$ $5x = 200$ $x = \frac{200}{5}$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $5 = \frac{200}{V}$ $5V = 200$ $V = \frac{200}{5}$ $V = 200 \div 2,5$ $200x = 5$ $x = \frac{200}{5}$ $x = 200 \div 2,5$ $\begin{array}{r} 200 \quad \quad 5 \\ -20 \quad \quad 40 \\ \hline 000 \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na seção 3.9.7 discute-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 7.

3.9.7 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 7

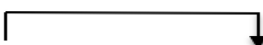
A sétima situação-problema (S7) a ser analisada é representada em língua natural sem apoio visual, e pertence a classe do tipo Proporção Simples – Quarta Proporcional, em que o valor correspondente à unidade não é dado e nem solicitado (Vergnaud, 1993 e Gitirana *et al* 2014).

Situação-problema 7: O leite é um alimento rico em cálcio. Em cada 200 mL de leite ingerido consome-se 335 mg de cálcio. Determine a quantidade de cálcio em mg, ingerida, por um indivíduo que consome diariamente 600 mL de leite. Adaptado de Lisboa (2016, p. 17).

A sétima situação-problema apresenta inicialmente em seu enunciado 200 mL de leite que possui a massa 335 mg de cálcio e pede-se que encontre a quantidade de cálcio ingerida por um indivíduo que consome 600 mL.

Para identificar o valor da massa (x) há uma relação quaternária (Vergnaud, 2009a) de Proporção Simples - Quarta Proporcional, representada da seguinte maneira:

m = desconhecida



Volume (mL)	Massa (mg)
200	335
600	x

Verifica-se no esquema sagital, a relação existente entre o volume de 200 mL e a quantidade de massa de 335 mg de cálcio, e busca-se a massa de cálcio contida em 600 mL. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{200}{600} = \frac{335}{x}$$

$$200 x = 600 \times 335$$

$$x = \frac{201000}{200}$$

$$x = 1005$$

Assim, a massa de Cálcio contida em 600 mL de leite é de 1005 mg.

O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema um é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Quarta Proporcional, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas de mesma natureza, em que o valor da

unidade não é solicitado e as medidas em questão são volume e massa. A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

1ª Etapa:

$$\frac{200}{1} = \frac{335}{x}$$

$$200x = 335$$

$$x = \frac{335}{200}$$

$$x = 1,675 \text{ mg/ mL}$$

2ª Etapa:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$1,675 = \frac{m}{600}$$

$$m = 1,675 \times 600$$

$$m = 1005 \text{ mg}$$

Para essa representação utilizando-se a fórmula química foram necessárias duas etapas, na primeira etapa foi necessário encontrar a concentração de cálcio para cada mL de leite, que foi de 1,675 mg/ mL. Com esse valor substituiu-se na fórmula juntamente com o valor do volume de 600 mL para encontrar a quantidade máxima de cálcio que pode ser ingerida. Dada por $m = 1,675 \times 600$ traz o resultado da massa cálcio contida em 600 mL, que é de 1005 mg.

No Quadro 18 estão descritos os possíveis esquemas de resolução dos estudantes, a representação dos esquemas e os possíveis erros que eles podem manifestar nas resoluções da situação-problema 7.

Quadro 18 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 7

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{200}{600} = \frac{335}{x}$ $200x = 600 \times 335$ $x = \frac{201000}{200}$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $1,675 = \frac{m}{600}$ $m = 1,675 \times 600$ $x = 335 \times 3$ $m = 3 \times 335$ $\begin{array}{r} 335 \\ \times 3 \\ \hline 1005 \end{array}$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na multiplicação ou divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não identificar as etapas necessárias para a resolução utilizando-se a fórmula química;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

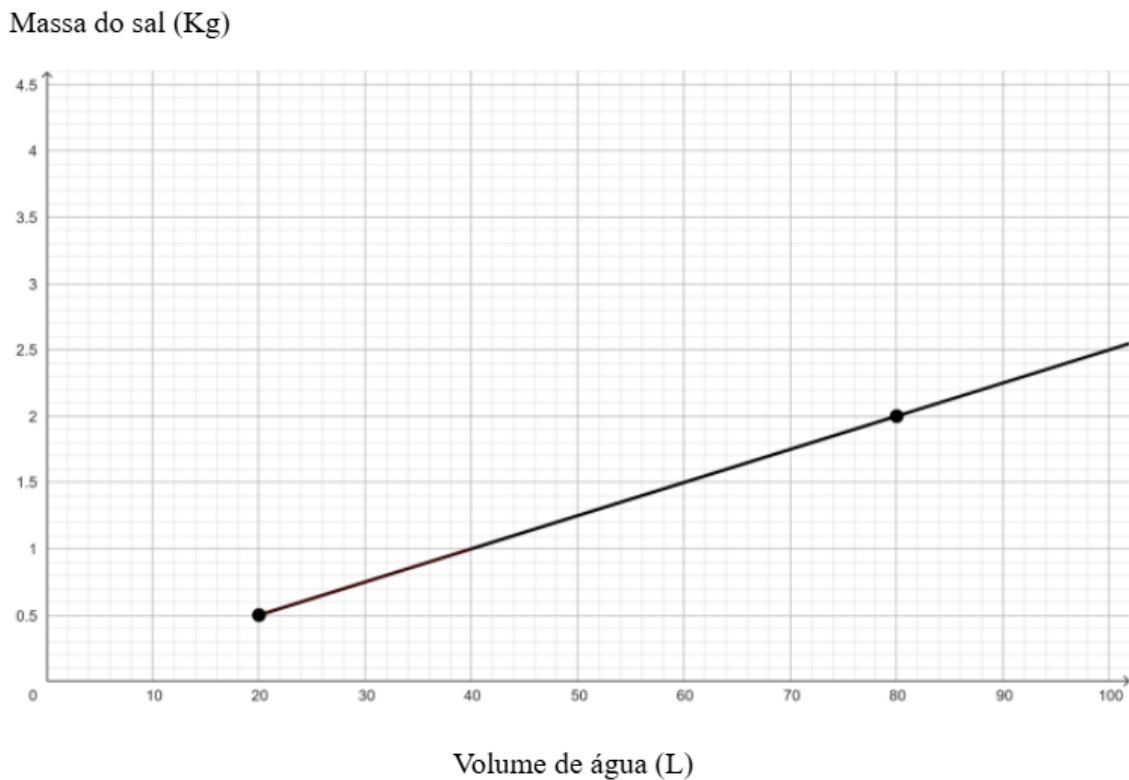
Na seção 3.9.8 discorre-se sobre a apresentação e análise da situação-problema 8.

3.9.8 Apresentação e análise *a priori* da Situação-problema 8

A oitava situação-problema (S8) a ser analisada é representada em língua natural e apoio visual do tipo gráfico, pertence a classe do tipo Proporção Simples – Quarta Proporcional, em que o valor correspondente à unidade não é dado e nem solicitado (Vergnaud, 1993 e Gitirana *et al* 2014).

Situação-problema 8: Um empreendedor obtém sal extraído da água do mar. O gráfico a seguir relaciona a quantidade de sal retirada de uma certa quantidade de água do mar. Nestas condições, se o empreendedor processar 10.000 L de água em um mês, quanto irá obter de sal

(kg)? Adaptado de Novais e Antunes (2016, p. 53).



A oitava situação-problema apresenta inicialmente em seu enunciado o gráfico que relaciona a quantidade de sal a ser retirada de uma certa quantidade de volume de água do mar. Pede-se que encontre a quantidade de sal caso sejam processados 10000 litros de água em um mês.

Para identificar o valor da massa (x) há uma relação quaternária de Proporção Simples - Quarta Proporcional (Vergnaud, 2009a), representada da seguinte maneira ao observarmos o ponto no gráfico:

$$m = \text{desconhecida}$$

Volume (L)	Massa (kg)
20	0,5
10000	x

Verifica-se no esquema sagital, a relação existente entre o volume de 20 L e a quantidade de massa de 0,5 kg de sal, e busca-se a massa de sal a ser tida com 10000 L de água do mar processada. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{20}{10000} = \frac{0,5}{x}$$

$$20 x = 10000 \times 0,5$$

$$x = \frac{5000}{20}$$

$$x = 250$$

Assim, a massa de sal obtida em 10000 mL de água do mar processada é de 250 kg.

O esquema sagital apresentado certifica que a situação-problema oito é pertencente a classe Proporção Simples subclasse Quarta Proporcional, pois é uma relação quaternária de proporcionalidade, sendo as medidas, duas a duas de mesma natureza, em que o valor da unidade não é solicitado e as medidas em questão são volume e massa. A seguir, a resolução com a fórmula química de CCS é apresentada:

1ª Etapa:

$$\frac{20}{1} = \frac{0,5}{x}$$

$$20 x = 1 \times 0,5$$

$$x = \frac{0,5}{20}$$

$$x = 0,025 \text{ kg/L}$$

2ª Etapa:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$0,025 = \frac{m}{10000}$$

$$m = 0,025 \times 10000$$

$$m = 250 \text{ kg}$$

Para essa representação utilizando-se a fórmula química foram necessárias duas etapas, na primeira etapa foi necessário encontrar a concentração sal para cada L de água do mar, que foi de 0,025 kg/ L. Com esse valor substituiu-se na fórmula juntamente com o valor do volume de 10000 L de água para encontrar a quantidade de sal que pode ser obtida. Dada por $m = 0,025 \times 10000$ traz o resultado da massa de sal obtida, que é de 250 kg.

No Quadro 19 estão descritos os possíveis esquemas de resolução dos estudantes, a representação dos esquemas e os possíveis erros que eles podem manifestar nas resoluções da situação-problema 8.

Quadro 19 – Análise *a priori* das possíveis estratégias de resolução para situação-problema 8

Possíveis esquemas adequados	Possíveis resoluções inadequadas
<p><i>Proporcionalidade:</i></p> $\frac{20}{10000} = \frac{0,5}{x}$ $20x = 10000 \times 0,5$ $x = \frac{5000}{20}$ <p><i>Fórmula Química</i></p> $C = \frac{m}{v}$ $0,025 = \frac{m}{10000}$ $m = 0,025 \times 10000$	<p>Efetuar os cálculos com erros de resultado na multiplicação ou divisão;</p> <p>Resolver com a operação inversa da operação adequada para o resultado esperado;</p> <p>Não identificar as etapas necessárias para a resolução utilizando-se a fórmula química;</p> <p>Não substituir corretamente os valores na fórmula química.</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Assim, com base em Vergnaud (1993; 2009a); Gitirana *et al.* (2014); Bernardino (2019); Miranda (2019) e Cieslak (2021) e com o apoio e discussões do GEPeDiMa foi estabelecido o instrumento de pesquisa disponível no apêndice C, que contempla as situações-problema da classe de Proporção Simples e suas respectivas subclasses. Neste capítulo foram apresentados os esquemas sagitais para cada situação, garantindo a diversidade de subclasses e as possíveis estratégias a serem mobilizadas pelos estudantes nas resoluções.

No capítulo 4 discorre-se sobre as discussões a respeito dos dados produzidos durante a implementação do estudo principal do instrumento de pesquisa.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises das resoluções de situações-problema, manifestadas por 12 estudantes de uma turma da 3ª série do Ensino Médio Técnico em Ciência de Dados, de uma escola estadual do interior de Santa Catarina.

Para preservar a identidade, cada estudante foi referenciado pela letra “E” (estudante) seguida de um número de identificação, de forma que: o estudante 1 foi chamado de E1, o estudante 2 foi chamado de E2, o estudante 3 foi chamado de E3, o estudante 4 foi chamado de E4, e assim por diante.

Para as análises considerou-se os registros escritos produzidos pelos participantes ao resolverem 8 situações-problema pertencentes à classe de Proporção Simples, identificadas no texto por S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8, e analisou-se as resoluções dos estudantes.

Foram agrupadas as formas de resolução de cada estudante para cada situação-problema, buscando identificar os conhecimentos matemáticos manifestados, os conceitos, as representações matemáticas e os possíveis teoremas em ação manifestados pelos estudantes. Na sequência, foram apresentados recortes dos protocolos de resolução.

Nesta pesquisa os teoremas em ação verdadeiros foram indicados por TAV, seguidos de números para diferenciá-los como por exemplo, TAV1, TAV2, TAV3; e, os teoremas em ação falsos foram indicados por TAF seguidos também por números como TAF1, TAF2.

4.1 Análises e Discussões das resoluções dos estudantes

Nas seções a seguir apresentamos as análises e discussões das estratégias manifestadas pelos estudantes a cada duas situações-problema, de acordo com a subclasse a que pertencem. Na seção 4.1.1 discorre-se sobre a análises e discussões das situações-problema 1 e 2.

4.1.1 *Análises e Discussões das resoluções dos estudantes para as Situações-problema 1 e 2*

O Quadro 20 apresenta as situações-problema da classe de Proporção Simples - Multiplicação Um Para Muitos, que associa a unidade de uma grandeza com muitas quantidades de outra grandeza.

A primeira situação é apresentada somente em língua natural e a segunda, além de língua natural, possui uma tabela como apoio visual.

Quadro 20 – Situações-problema da Proporção Simples - Multiplicação Um Para Muitos

Situação 1	Situação 2																
Um frasco de descongestionante nasal contém em sua composição cloridrato de nafazolina na concentração de 3 mg/mL. Qual a massa de nafazolina em mg, num frasco que contém 15 mL? Adaptado de Lisboa (2016, p. 17)	<p>O rótulo de água mineral representado na tabela abaixo indica a concentração de sódio presente em sua composição. Qual é a massa de sódio em mg, ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia? Adaptado de Novais e Antunes (2016, p. 37).</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0f2f7;"> <p>Composição química em mg/L:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Bicarbonato</td> <td>2,98</td> <td>Cloreto</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Sódio</td> <td>0,662</td> <td>Magnésio</td> <td>0,033</td> </tr> <tr> <td>Potássio</td> <td>0,499</td> <td>Sulfato</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>Cálcio</td> <td>menor que 0,5</td> <td>Nitrato</td> <td>0,17</td> </tr> </tbody> </table> <p>Características físico-químicas: pH a 20 °C:</p> <p>Temperatura da água na fonte 22 °C Resíduo de evaporação a 180 °C 10 mg/L</p> </div>	Bicarbonato	2,98	Cloreto	0,01	Sódio	0,662	Magnésio	0,033	Potássio	0,499	Sulfato	0,02	Cálcio	menor que 0,5	Nitrato	0,17
Bicarbonato	2,98	Cloreto	0,01														
Sódio	0,662	Magnésio	0,033														
Potássio	0,499	Sulfato	0,02														
Cálcio	menor que 0,5	Nitrato	0,17														

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No Quadro 21, é apresentada uma síntese das diferentes estratégias de resoluções mobilizadas pelos participantes. Na primeira coluna deste Quadro está a situação-problema correspondente à análise (S1, S2); na segunda coluna está a quantidade de estudantes que resolveram de determinada forma adequada/inadequada e sua respectiva identificação e assim por diante conforme a variação de formas de resolução manifestadas.

Quadro 21 – Estratégias manifestadas para resolução das situações-problema 1 e 2

Situação-Problema	Fórmula Química-Estratégia Adequada	Fórmula Química-Estratégia Inadequada	Regra de Três-Adequada	Regra de Três - Inadequada	Outros esquemas-Inadequada
S1	E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E12.	E1, E4, E10, E11.	-	-	-
S2	E2, E7, E8, E9, E12.	E1, E3, E6, E11.	E5	E4	E10

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a situação-problema 1 todos os estudantes utilizaram a fórmula química como estratégia de resolução. Dentre os 12 estudantes, 8 (E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E12) desenvolveram estratégias de resolução adequada e 4 (E1, E4, E10, E11) resolveram de forma inadequada.

Para a resolução da S1 manifestando estratégia de resolução adequada, os estudantes E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9 e E12 utilizaram a fórmula química que corresponde ao cálculo de

concentração, apresentando um esquema pertinente para a situação-problema proposta e manifestando o TAV1 (ver Quadro 22). E3 apresentou a resposta por extenso, mas colocou a unidade de medida mL juntamente com o resultado que seria somente em mg, os demais responderam de acordo com o solicitado no enunciado, somente E6 não apresentou a resposta por extenso, apenas o resultado do cálculo matemático sem a unidade de medida. E8 utilizou a fórmula e apresentou a resposta numérica e por extenso e o cálculo implícito, os demais apresentaram respostas completas com esquema ou conta de multiplicação e resposta por extenso.

E1, E4, E10, E11 manifestaram uma estratégia de resolução inadequada (ver Quadro 23). E1 utilizou a fórmula incompleta apresentando apenas $\frac{C}{V}$, E4 apresentou a fórmula, mas não finalizou a substituição de valores e por fim apresentou uma operação de divisão, sendo que seria uma multiplicação. E10 trocou os valores de substituição na fórmula, colocou o valor da concentração no lugar da massa e não apresentou qualquer esquema de cálculo, apenas a resposta incorreta e representou o frasco pictoricamente. E11 também colocou o valor da concentração no lugar da massa e fez uma divisão inversa, apresentando resposta incorreta.

Para a situação-problema 2, 5 estudantes (E2, E7, E8, E9, E12) manifestaram o uso da fórmula química e uma estratégia adequada de resolução também manifestando o TAV1; 4 estudantes (E1, E3, E6, E11) utilizaram a fórmula química de modo equivocado. Um estudante (E5) resolveu utilizando a Regra de Três adequada e outro estudante (E4) resolveu com uma estratégia inadequada. Um estudante (E10) apresentou uma estratégia inadequada com uso de cálculo matemático por meio de representação numérica, para a resolução da S2. E4 e E5 ainda apresentaram a adição como estratégia de resolução para encontrar o valor da massa de sódio, como pode-se observar nos esquemas mobilizados por eles nas figuras 6 e 7, porém E4 apresentou resposta incorreta na soma dos valores pois não soube trabalhar a adição com números decimais. Nota-se que o estudante preferiu realizar a soma de duas parcelas iguais, no lugar da operação de multiplicação por 2, mas ainda assim cometeu um equívoco na soma com números decimais, pois ao elevar o “1” ele não considerou a soma nas unidades, mas nas dezenas seguintes.

No Quadro 22 é apresentada a resolução de E3 como representante de estratégia adequada para S1 e de E2 e E5 para S2, pois foram as resoluções que apresentaram explicitamente todas as etapas necessárias, e, também, a estratégia de E6 para S1 que apresentou a fórmula química e representou massa utilizando a incógnita x na fórmula, somente não colocou a resposta por extenso. Para S2 é apresentado o recorte de E2 com uso da fórmula

química, e, E5 que utilizou a Regra de Três como estratégias para uma resposta adequada e completa. No Quadro 22 é apresentado o recorte das resoluções manifestadas pelos estudantes para S1 e S2.

Quadro 22: Resoluções adequadas das situações-problema 1 e 2

Resolução de E3 para S1- Fórmula química	Resolução de E6 para S1- Fórmula química
<p>frasco que contém 15 mL?</p> $C = \frac{m}{V}$ $C = 3$ $3 = \frac{m}{15}$ $m = 15 \cdot 3$ $m = 45 \text{ mg/mL}$ <p>A massa de napozalina em mg, em um frasco que contém 15 mL e de 45 mg/mL</p>	$3 = \frac{x}{15}$ $C = \frac{M}{V}$ $M = 45 //$ $\frac{15}{\times 3}$ $\frac{45}{15}$
Resolução de E2 para S2- fórmula química	Resolução de E5 para S2- regra de três
$\frac{C \cdot M}{V} = \frac{0,662}{2} \quad C = 0,331$ $R: \text{A massa é } 1,324 \text{ mg.}$ $C = \frac{M}{V} \quad 0,662 = \frac{M}{2} \quad M = 0,662 \cdot 2$ $M = 1,324 \text{ mg}$	$0,662 = ?$ $x = ?$ $1x = 0,662 \cdot 2$ $1x = 1,324$ $R: \text{A massa é de } 1,324 \text{ mg}$

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

No desenvolvimento dessas estratégias para a S1 e S2, a massa é determinada multiplicando-se o valor da concentração pelo volume do frasco, rearranjando a fórmula e modelando o TAV1 estudante o manifesta ao rearranjar a fórmula química para encontrar o valor da massa:

$$\text{TAV1: Se } C = \frac{m}{V}, \text{ então } m = C \cdot V$$

Ou seja, se a concentração de uma solução é igual à massa do soluto dividida pelo volume da solução, então a massa do soluto é igual à concentração multiplicada pelo volume.

Além da fórmula química, as estratégias manifestadas pelos estudantes podem ser representadas matematicamente pela expressão: $\frac{1}{15} = \frac{3}{x}$, ou ainda, $f(1 \times 3) = 15 \times 3$, representando um teorema em ação verdadeiro, identificado pela sigla TAV2.

Essa função pode ser modelada, ao se considerar $f(x)$ uma relação proporcional entre essas duas grandezas, conforme o enunciado a seguir:

TAV2: Seja f uma relação de proporcionalidade, então $f(k * x) = k * f(x)$, com $k, x \in \mathbb{R}$ e sendo k a razão (um escalar).

Essa relação de proporcionalidade é dada por: $f(3) = k \times 3$, em que “ k ” corresponde ao volume do frasco em mililitros e, 3 a concentração por cada mililitro, sendo $f(3 \text{ mg/mL}) = 15 \text{ mL} \times 3 \text{ mg/mL}$, portanto $f(3 \text{ mg/mL}) = 45 \text{ mg}$, que corresponde a massa de nafazolina contida no frasco de 15 mL.

Esse TAV2, que apresenta uma relação proporcional entre duas grandezas (concentração e volume), foi manifestado de maneira explícita representado pelo esquema relacional. Calado (2020) também identificou o TAV2 junto a estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental, Rodrigues (2021) identificou o teorema em ação em resoluções de estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental em situações multiplicativas e mistas, Siqueira (2023) identificou junto a estudantes do 3º ano do Ensino Médio e Zanatta (2024) o identificou junto a estudantes do 4º ano de Licenciatura em Matemática.

A propriedade linear ou multiplicativa do isomorfismo entre duas grandezas garante a validade dessa estratégia, representando um teorema em ação verdadeiro (Vergnaud 1983; 1996b).

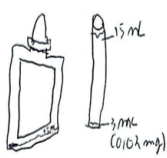
Assim, os estudantes manifestaram a relação de proporcionalidade representada pela fórmula química e matematicamente em sua estratégia de resolução, realizando os cálculos de multiplicação entre concentração e volume, por meio de representação da relação entre duas variáveis.

Observa-se também que os estudantes apresentaram dificuldades no uso da linguagem algébrica. Embora, de forma explícita ou implícita, mobilizassem um teorema em ação fortemente associado à igualdade de razões de proporcionalidade direta, a transposição da linguagem natural para a linguagem simbólica revelou-se um processo complexo, como também constatado por Falcão (2008) em pesquisa sobre a introdução da álgebra com estudantes franceses de 14 anos, em nível escolar equivalente à 8ª série.

Segundo Falcão (2008), as dificuldades associadas ao campo conceitual algébrico e à modelização envolvem a manipulação simbólica de expressões derivadas de fórmulas, nas quais a letra representa uma variável. Tal representação implica, inclusive, a ausência explícita de unidades de medida, o que exige aceitar que, para qualquer valor (restrito a um domínio) e para qualquer unidade, a relação estabelecida permanece válida.

No Quadro 23 são apresentados os recortes das resoluções inadequadas para as situações-problema 1 e 2.

Quadro 23: Resoluções inadequadas das situações-problema 1 e 2

Resolução de E1 para S1- Fórmula química	Resolução de E10 para S1- Fórmula química	Resolução de E11 para S1- Fórmula química				
$\frac{C}{V} = \frac{3}{15}$ $\frac{15 \text{ ml}}{25}$ <p>num frasco que contém 25 ml.</p>	$C = \frac{3}{15} = 0,1 \text{ mg}$  <p>A massa de meprobolol em mg é de 0,102 mg</p>	$C = \frac{m}{V}$ $3 = \frac{m}{15}$ $\frac{3 \text{ mg/ml} \cdot 15 \text{ ml}}{15 \text{ ml}} = \frac{m}{15}$ $m = 3 \cdot 15$ $m = 45 \text{ mg}$ <p>R: A massa de meprobolol em mg, num frasco que contém 15 ml é 5 mg.</p>				
Resolução de E6 para S2- Fórmula química	Resolução de E4 para S2- Regra de três	Resolução de E10 para S2- Outros esquemas				
$6,6 = \frac{M}{x - 2}$ $M = 6,6 \times 2$ $M = 13,2 \text{ mg}$ <p>A massa de sódio em mg é de 13,2.</p>	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>0,662</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>x</td> </tr> </table> $\frac{0,662}{0,662} = \frac{2,227}{2,227}$ <p>Resposta 2,227</p>	1	0,662	2	x	$0,662 \cdot 2000 = 6,662 \text{ mg de sódio}$ <p>A massa de sódio ingerido em um dia por dia de 6,662 mg</p>
1	0,662					
2	x					

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

Para a resolução da S1, os estudantes E10 e E11 utilizaram a fórmula química, porém manifestaram resposta inadequada ao inverterem a operação matemática, adotaram a divisão para encontrar o resultado ao invés da operação de multiplicação e manifestaram um TAF1.

E1 utilizou a fórmula química parcialmente, substituiu incorretamente os valores sem representar a massa que seria o valor buscado, apresentou o algoritmo da multiplicação, mas calculou o resultado da operação incorretamente. A resposta adequada seria 45 mg de massa e ele apresentou $15 \times 3 = 25$ mL, é possível deduzir que, ao invés de somar um no “vai 1” da multiplicação 3×1 para dar 4 que representa quatro dezenas, somou $1+1$ resultando no 2, obtendo a resposta 25 sem perceber que não fez a multiplicação, colocando, além do resultado, a unidade de medida incorreta que seria mg e apresentou em mL.

E10 apresentou somente uma representação de multiplicação e substituiu os valores invertidos, ao invés de buscar a massa, buscou a concentração e operacionalizou uma divisão ao invés de multiplicação, também manifestou uma representação pictórica do frasco de descongestionante nasal, o que não era esperado na análise *a priori*. E11 também substituiu os valores invertidos, colocando o valor da concentração no lugar da massa, e realizou uma divisão inversa, ao invés da multiplicação.

Para S2, E1 utilizou a fórmula química parcialmente como $\frac{C}{V}$, substituiu incorretamente os valores sem representar a massa que seria o valor buscado, apresentou o algoritmo da multiplicação, mas utilizou valores aleatórios para calcular, multiplicando 22 por 10, que não condiz com o enunciado. E4 apresentou o esquema da Regra de Três, mas também não apresentou o resultado esperado, apresentou uma soma com o valor da concentração, pois percebeu que era multiplicado por 2, mas ao fazer a adição com os números decimais não obteve o resultado correto e apresentou 2,224. Não considerou a dezena (com o “vai 1”) resultante dos cálculos realizados por meio da adição, conforme apresentado no Quadro 23.

O estudante E6 utilizou a fórmula química para resolver e realizou os cálculos matemáticos de forma incorreta, pois não soube trabalhar com a vírgula na multiplicação com números decimais e apresentou um número inteiro como resposta inadequada, o valor da concentração era 0,662. Ele apresentou 6,6 na substituição da fórmula, é possível deduzir que tenha multiplicado implicitamente por 10 e arredondado o valor, pois, no esquema de multiplicação apresentou 0,66.

O estudante E10 manifestou a estratégia com uso de cálculo matemático por meio de representação numérica, sem qualquer algoritmo de multiplicação, e com valor (200) que não pertencia ao enunciado.

O estudante E11 utilizou a fórmula química e manifestou uma resposta inadequada ao inverter a operação matemática correta para a resolução, substituiu os valores na fórmula e trocou a concentração de lugar com a massa no segundo passo da reorganização da fórmula.

Utilizou a divisão ao invés da operação de multiplicação, também converteu o valor do volume de 2 litros para 2000 mL, o que está correto, porém não foi solicitado que o fizesse, já que o enunciado apresentou o valor do volume em litros.

Esta estratégia representa um teorema em ação falso, o TAF1. 7 protocolos apresentaram a divisão para encontrar o resultado ao invés da operação de multiplicação para S1 e S2, invertendo a operação necessária para a resolução prevista na análise *a priori*.

Esse TAF1 pode ser modelado a partir do uso equivocado da fórmula química, invertendo as operações matemáticas, conforme o enunciado a seguir:

$$\text{TAF1: Se } m = C \cdot V, \text{ então } m = \frac{C}{V}$$

O estudante manifesta esse TAF1 ao realizar equívocos de cálculo a partir do TAV1, invertendo a operação ou o rearranjo da fórmula, maneira inadequada para a resolução.

Infere-se que os 5 estudantes reconheceram que a S1 envolve os conceitos químicos de CCS, mas não realizaram corretamente o algoritmo da multiplicação, representando os cálculos matemáticos por divisão. Ao mobilizarem esses conhecimentos, responderam o questionamento da situação-problema de forma inadequada, pois, a concentração é a razão entre a massa de cloreto de sódio e o volume da solução.

As situações-problema aqui apresentadas envolvem um conhecimento básico de álgebra, utilizando a fórmula química para encontrar a massa por meio de uma operação de multiplicação entre a concentração e o volume para encontrar a massa, conforme é representado no esquema relacional de Multiplicação Um Para Muitos (Miranda, 2019).

A análise dos dados referentes à S1, subclasse Multiplicação Um Para Muitos, permitiu identificar diferentes estratégias de resolução adotadas pelos estudantes frente à situação-problema que envolvia o cálculo da massa de nafazolina a partir da concentração da substância (3 mg/mL) e o volume do frasco (15 mL). A utilização de representação pictórica, como foi o caso do estudante E10, não contribuiu positivamente para a resolução da situação-problema, pelo contrário, a representação do frasco foi um elemento inesperado e não previsto na análise *a priori*, e não se mostrou eficaz para promover o raciocínio proporcional necessário.

Observou-se que os números naturais (números do enunciado 3 e 15) da S1 foram acessíveis e favoreceram a realização de uma multiplicação simples, essa variável didática deveria ter facilitado a resolução. Os estudantes que resolveram de forma inadequada (E4, E10

e E11) utilizaram a divisão em vez da multiplicação, invertendo as grandezas na proporcionalidade.

No entanto, embora a apresentação dos números naturais tenha ajudado alguns estudantes, erros cometidos por outros revelam que a dificuldade residiu mais na compreensão conceitual da proporcionalidade entre as grandezas do que na manipulação numérica em si, pois manifestaram esquemas com operação matemática contrária à necessária para uma resolução adequada. Dessa forma, o uso de números inteiros auxiliou, mas não foi suficiente para garantir a resolução correta, conforme o esperado.

As estratégias utilizadas pelos estudantes para a resolução da S2 foram mais variadas que em S1. Enquanto na primeira situação prevaleceu o uso da fórmula química, na S2 os estudantes recorreram a diferentes caminhos: alguns utilizaram corretamente a fórmula (E2, E7, E8, E9, E12), outros fizeram uso correto da Regra de Três e adição (E5), uso da adição incorreta (E4) e estratégias de multiplicação inadequadas (E10). Essa diversidade indica que a presença de elementos como tabela e números decimais influenciou diretamente as estratégias mobilizadas, uma vez que as suas situações-problema – S1 e S2 – são da mesma subclasse multiplicativa, e demandam o mesmo esquema de resolução.

As estratégias de resolução utilizadas também se diferenciaram entre os grupos, enquanto os estudantes que resolveram corretamente utilizaram a fórmula química e o uso da multiplicação, alguns representaram o cálculo algebricamente (como E6), outros utilizaram a representação numérica (como E3), e alguns se limitaram à substituição direta na fórmula sem detalhamento do raciocínio (como E8).

Já os estudantes com resoluções inadequadas também recorreram à fórmula, mas inverteram as operações (como E10 e E11) ou substituíram os valores de forma inadequada (como E10). E1 manifestou o mesmo teorema em ação falso para S1 e S2, assim como em todas as tentativas de resolução das 8 situações-problema propostas, utilizou a fórmula química incompleta em todos os esquemas manifestados.

A regularidade identificada na manifestação desse tipo de teorema em ação por E1 permite modelar o TAF2, a partir do uso parcial da fórmula química, conforme o enunciado a seguir:

TAF2: A solução de uma situação-problema envolvendo Concentração Comum de Soluções sempre será dada por $\frac{C}{V}$.

O estudante manifesta esse TAF ao utilizar a fórmula química incompleta, apresentando apenas concentração e volume e substituindo-os de maneira inadequada para a resolução das situações-problema.

O diferencial da S2 em relação à S1 foi o uso de um apoio visual — uma tabela — no enunciado, indicando a concentração de sódio por litro. Notou-se que esse recurso não facilitou a resolução da situação-problema. Apesar da organização visual da informação, a maioria dos estudantes resolveu a situação de maneira inadequada. Isso indica que o apoio visual na forma de tabela junto aos problemas de CCS provavelmente não é familiar a estes estudantes, pois nota-se que os estudantes não apresentaram um esquema organizado para a solução do problema, mas acionaram diversos esquemas, alguns incorretos, para que pudessem apresentar uma solução, pertinente ou não à S2.

Outra variável didática que também influenciou nos acertos e erros dos estudantes, no enunciado da S2, foi o número decimal (número 0,662) para a concentração, diferentemente dos valores inteiros utilizados na S1. Esse dado numérico introduziu uma complexidade adicional, dificultando a resolução para alguns estudantes. Mesmo aqueles que utilizaram a fórmula corretamente, ou utilizaram estratégias adequadas como a Regra de Três, apresentaram erros no cálculo relacionados à organização incorreta de cálculo com os números decimais. Assim, o número decimal utilizado na S2 se mostrou um fator limitante para o desempenho adequado, o que não havia sido observado na situação anterior.

Em relação aos teoremas em ação, tanto em S1 quanto em S2 foram identificados teoremas em ação verdadeiro (TAV1, TAV2) e falso (TAF1, TAF2), ligados à compreensão da proporcionalidade e ao uso adequado ou não da multiplicação e do rearranjo da fórmula química.

Com base em Vergnaud (1990), a análise do parágrafo anterior, leva a inferir que a situação S1 indica ser mais familiar aos estudantes do que a S2, ou seja, na S1 os estudantes manifestaram um esquema pronto para a resolução — por meio do uso da fórmula. Já na S2 os estudantes buscaram dentro de seu repertório de esquemas aqueles que poderiam resolver a situação, seja por meio de uma resolução/esquema adequado ou não.

As situações-problema S1 e S2 pertencentes à subclasse Multiplicação Um Para Muitos exige do estudante a compreensão de uma relação proporcional direta entre duas grandezas. Ambas as situações envolvem o cálculo da massa de um soluto (nafazolina ou sódio) a partir da concentração da substância em uma unidade de volume e o volume total consumido. Apesar da similaridade estrutural, os resultados evidenciam diferenças na forma como os estudantes compreenderam e resolveram as duas situações, revelando como as variáveis didáticas

escolhidas – representação (tabela ou não) e conjunto numérico (número natural ou decimal) - influenciaram diretamente as estratégias de resolução.

Tais erros relativos a conhecimentos matemáticos revelam uma compreensão parcial dos conceitos envolvidos e a ausência de uma articulação efetiva entre os conhecimentos químicos (como concentração de soluções) e os conhecimentos matemáticos (como proporcionalidade e cálculo com grandezas). No Quadro 24 será apresentada uma síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 1 e 2.

Quadro 24 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 1 e 2

	Situação-Problema 1 (S1)	Situação-Problema 2 (S2)
Conceitos e ideias Matemáticas	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionalidade direta entre massa, volume e concentração; - Regra de três; - Multiplicação. - Adição; - Divisão; - Números naturais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionalidade direta entre massa, volume e concentração; - Regra de três; - Operações com decimais; - Multiplicação; - Adição; - Divisão; - Números decimais.
Representações Utilizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Representação numérica; - Língua natural; - Representação pictórica; - Língua natural. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tabela (apoio visual); -Representação numérica; - Língua natural.
Teoremas em Ação	<ul style="list-style-type: none"> - TAV1: Se $C = m/V$, então $m=C \cdot V$; - TAV2: Seja f uma relação de proporcionalidade, então $f(k * x) = k * f(x)$, com $k, x \in R$ e sendo k a razão (um escalar); - TAF1: Se $m=C \cdot V$, então $m = C / V$; - TAF2: A solução de uma situação-problema envolvendo Concentração Comum de Soluções sempre será dada por C/V. 	<ul style="list-style-type: none"> - TAV1: Se $C = m/V$, então $m=C \cdot V$; - TAV2: Seja f uma relação de proporcionalidade, então $f(k * x) = k * f(x)$, com $k, x \in R$ e sendo k a razão (um escalar); - TAF1: Se $m=C \cdot V$, então $m = C / V$ - TAF2: A solução de uma situação-problema envolvendo Concentração Comum de Soluções sempre será dada por C / V.
Outros erros	<ul style="list-style-type: none"> - Uso inadequado da fórmula química; - Uso da fórmula química incompleta; - Substituição da concentração no lugar da massa; - Inversão da operação para resolução correta; - Uso de dado aleatório; - Uso da multiplicação incorreta; - Uso da divisão incorreta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso inadequado da fórmula química; - Uso da fórmula química incompleta; - Inversão da operação para resolução correta; - Uso da adição incorreta; - Uso da multiplicação incorreta; - Uso de conversão de unidades; - Uso de dados aleatórios.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O Quadro 24 mostra que apesar de S1 e S2 pertencerem à mesma subclasse (Proporção Simples - Multiplicação Um Para Muitos) as variáveis didáticas escolhidas – representação e conjunto numérico – influenciaram na manifestação de conceitos matemáticos distintos, representações distintas e erros distintos. Revelando a importância de não apenas diversificar

as classes/subclasses de problemas, mas também de diversificar outras variáveis didáticas envolvidas nas situações-problema.

4.2.2 Análises e Discussões das Situações-problema 3 e 4

O Quadro 25 apresenta a terceira e a quarta situações-problema que foram analisadas. Essas situações-problema são pertencentes à classe de Proporção Simples-subclasse Partição. Nesta subclasse, o valor de muitos é dado, o elo correspondência entre duas grandezas de natureza diferente é apresentado, e deseja-se descobrir o valor unitário (Bernardino, 2022). A primeira situação é apresentada somente em língua natural e a segunda, além de língua natural, possui uma tabela como apoio visual.

Quadro 25 – Situações-problema da Proporção Simples – Partição

Situação 3	Situação 4						
<p>O diclofenaco é um medicamento utilizado para tratar dor e inflamação. Calcule a concentração em mg/mL, de uma solução de medicamento com volume de 20 mL, que possui 300 mg de diclofenaco de potássio. Adaptado de Lisboa (2016).</p>	<p>Foi administrado em um paciente hospitalar 1 L de soro em solução fisiológica. De acordo com os dados fornecidos na embalagem, ela contém a massa de cloreto de sódio a cada 100 mL, ou seja, 0,1 L.</p> <p>Qual a concentração em g/L, dessa solução de cloreto de sódio que o paciente tomou? Adaptado de Santos e Mol (2016, p. 68).</p> <table border="1" data-bbox="970 1234 1342 1384"> <tbody> <tr> <td>Cloreto de sódio</td> <td>0,9 g</td> </tr> <tr> <td>Água para injetáveis q. s. p.</td> <td>100 mL</td> </tr> <tr> <td>Osmolaridade</td> <td>308 mOsm/L</td> </tr> </tbody> </table>	Cloreto de sódio	0,9 g	Água para injetáveis q. s. p.	100 mL	Osmolaridade	308 mOsm/L
Cloreto de sódio	0,9 g						
Água para injetáveis q. s. p.	100 mL						
Osmolaridade	308 mOsm/L						

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os estudantes mobilizaram diferentes estratégias de resolução para as situações-problema 3 e 4 considerando-se as possíveis resoluções. De um modo geral, dentre elas: uso da fórmula química, cálculo matemático explícito de divisão, de esquemas de multiplicação e divisão, entre outras.

No Quadro 26 será apresentada uma síntese das diferentes estratégias de resoluções mobilizadas pelos estudantes.

Quadro 26 – Estratégias utilizadas para a resolução das situações-problema 3 e 4

Situação-Problema	Fórmula Química-Estratégia Adequada	Fórmula Química-Estratégia Inadequada	Regra de Três-Estratégia inadequada	Resposta com outros esquemas-Estratégia adequada	Resposta com outros esquemas-Estratégia inadequada
S3	E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12.	E1.	-	E4.	-
S4	E12	E1, E2, E3, E6, E7, E9, E11.	E4, E10.	E5	E8

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a situação-problema 3, 11 estudantes (E1, E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12) utilizaram a fórmula química e apenas um (E4) apresentou somente o cálculo matemático explícito de divisão como estratégia de resolução. E2, E5, E7, E9, E10, E11 e E12 resolveram de forma adequada e igual a S3, todos utilizaram a fórmula química e o esquema de divisão entre massa e volume, e apresentaram a resposta por extenso. E3 e E8 apresentaram o esquema da divisão entre os valores da massa pelo volume, E3 ainda fez um esquema de multiplicação para confirmar o valor correspondente à resposta (prova real), assim como E6 fez para confirmar a resposta. E6 substituiu diretamente os valores da massa e do volume na fórmula de modo implícito, sem apresentá-la, e, apresentou a conta de divisão, sem a resposta por extenso. E4 apresentou apenas o esquema de divisão numérica sem uso da fórmula química, e a resposta em gramas por litro ao invés de miligramas por litro. Para a S1, os estudantes apresentaram resposta adequada conforme esperado na análise *a priori*.

A única resposta inadequada para S3 foi de E1 que usou a fórmula incompleta, assim como em todos os esquemas que apresentou, ele manifestou o TAF2 (ver Quadro 28). Na S3 ele apresenta os dados fornecidos no enunciado, mas não substituiu corretamente na fórmula colocando apenas $\frac{C}{V}$. Também não operaciona corretamente os cálculos matemáticos que apresenta, pois ao invés de dividir apresenta uma multiplicação, porém não apresenta cálculo ou qualquer resposta, mesmo implicitamente.

Para a situação-problema 4, os estudantes manifestaram uma maior diversidade de estratégias de resolução, porém, apenas 2 apresentaram estratégia de resolução adequada, conforme será apresentado nos recortes do Quadro 27, E12 utilizou a fórmula química,

apresentou os dados retirados do enunciado e o resultado por extenso. E5 apresentou apenas a resposta final numérica e por extenso sem qualquer esquema de resolução.

No Quadro 27 apresenta-se o recorte das resoluções adequadas apresentadas pelos estudantes.

Quadro 27 – Resoluções adequadas das situações-problema 3 e 4

Resolução de E3 para S3 - Fórmula química	Resolução de E4 para S3- Outros esquemas
$C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{300}{20}$ $C = 15 \text{ mg/mL}$ <p>Logo</p> <p>A concentração é de 15 mg/mL</p>	<p>15 gramas por litro</p> $\frac{300}{20} = \frac{120}{10}$ $\frac{300}{20} = \frac{150}{10}$ $\frac{100}{10}$ 0 <p>Resposta: 15</p>
Resolução de E12 para S4-Fórmula Química	Resolução de E5 para S4-Outros esquemas
$C = ?$ $m = 0,9 \text{ g}$ $V = 1 \text{ L} = 0,1 \text{ dL}$ $C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{0,9 \text{ g}}{0,1 \text{ dL}}$ $C = 9 \text{ g/dL}$ <p>R: a concentração é de 9 g/dL.</p>	<p>9 g/L</p> <p>R: Este paciente tomar uma medicação com concentrações de 9 g/L de acordo do médico</p>

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

A concentração comum (C) de uma solução em que é definida como a razão entre a massa do soluto (m) e o volume da solução (V) é expressa pela fórmula:

$$C = \frac{m}{V}$$

Para encontrar o valor da concentração nas duas situações-problema, os estudantes deveriam substituir na fórmula os valores apresentados no enunciado para massa e volume, e, assim, obter o resultado da concentração sem rearranjo da fórmula. Essa estratégia manifestada representa um teorema em ação verdadeiro 3, identificado pela sigla TAV3.

Esse TAV3 pode ser modelado, ao considerar uma relação proporcional entre as duas grandezas, baseando-se em Vargas (2023). Assim, dada uma solução com 300 mg de diclofenaco de potássio dissolvido em 20 mL, como em S1, obtém-se a fórmula: $C = \frac{300}{20}$.

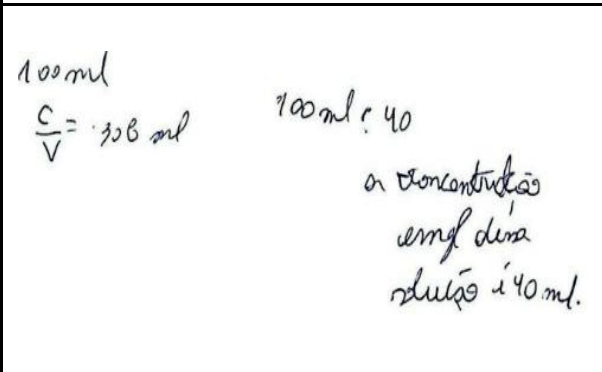
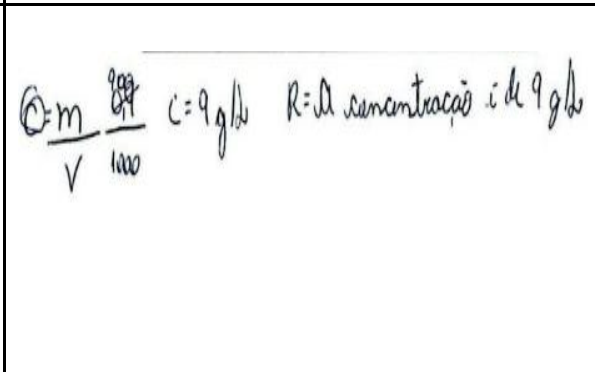
TAV3: Sejam C a concentração, m a massa e V o Volume, então, $C = \frac{m}{V}$

Então, se C é a concentração, m a massa e V o Volume, a concentração de uma solução é igual à massa do soluto dividida pelo volume da solução.

Em S4, a maioria dos estudantes (10) apresentou resposta inadequada. 7 estudantes utilizaram a fórmula química como estratégia de resolução inadequada. E1 utilizou a fórmula incompleta com $\frac{C}{V}$, assim como, em todos os esquemas manifestados por ele e manifesta novamente o TAF2.

Entre os estudantes E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E10 e E11, 5 apresentaram a fórmula química, 2 a Regra de Três e um apresentou o esquema de cálculo da multiplicação como estratégias de resolução inadequadas. Nessa situação (S4) os estudantes acionaram diversos esquemas para tentar resolver a situação que assim como na S2, traz uma tabela como apoio visual e dados em números decimais, isso demonstra ser uma situação nova para eles. Os esquemas dessas resoluções, cujos recortes serão apresentados no Quadro 28, revelaram várias formas de tentativa de resolução para S4.

Quadro 28 – Resoluções inadequadas das situações-problema 3 e 4 (continua)

Resolução de E1 para S4 - Fórmula química	Resolução de E2 para S4 - Fórmula química
 <p>100 ml $\frac{C}{V} = 300 \text{ ml}$ $300 \text{ ml} : 40$ a concentração em mg de uma solução é 40 ml.</p>	 <p>$C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{999}{1000}$ $C = 9 \text{ g/l}$ R: a concentração é de 9 g/l</p>

(conclusão)

Resolução de E3 para S4- Fórmula química	Resolução de E4 para S4- Regra de três
$V = 1L$ $m = 100 \text{ mL} = 0,1L$ $m = 0,9g$ $C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{0,9}{0,1}$ $C = 90 \text{ g/L}$ A concentração é de 90 g/L	$\begin{array}{cc} 1 & X \\ 0,1 & 100 \\ & 100 \\ & 0,1 \end{array}$
Resolução de E6 para S4- Regra de três	Resolução de E7 para S4- Fórmula química
$M = 1L$ $C = ?$ $V = 0,9$ $C = \frac{1}{0,9} = 1,11$ $C = 0,9 = 900 \text{ mL}$ $\begin{array}{cc} 1L & 100 \text{ mL} \\ X & 0,9 \end{array}$ $\begin{array}{r} 100 \\ \times 0,9 \\ \hline 900 \end{array}$ A concentração em g/L que o paciente tomou é de 0,9 g/L	$C = \frac{0,1}{1} \rightarrow$ $\begin{array}{cc} 1 & 100 \text{ mL} \\ 0,1 & 100 \text{ mL} \\ 0,9 & ? \end{array}$ $\begin{array}{cc} 1 & 100 \\ 0,1 & 100 \\ 0,9 & 90 \end{array}$ R: A concentração da solução ingerida pelo paciente foi 9 g/L.
Resolução de E8 para S4- Outros esquemas	Resolução de E9 para S4 - Fórmula química
$\begin{array}{r} 0,9 \\ \times 10 \\ \hline 00 \\ 09 + \\ \hline 090 \\ \hline 9,0 \end{array}$ C. concentração é 9,0 g/L.	$C = \frac{m}{V}$ $V = 1L$ $m = 0,9$ $C = \frac{0,9}{1000} = 9 \cdot 10^{-4} \text{ g/L}$ R: A concentração é de $9 \cdot 10^{-4} \text{ g/L}$.
Resolução de E10 para S4 - Regra de três	Resolução de E11 para S4 - Fórmula química
$\begin{array}{r} 0,9 \times X \\ 100 \times 308 \end{array}$ $X = \frac{100 \times 308}{0,9} = 34222,22$ A concentração da solução do cloreto de sódio seria de 34222,22 g/L.	$C = \frac{m}{V}$ $C = \frac{100}{10000}$ $C = 10 \text{ g/L}$ A concentração desta solução de cloreto de sódio que o paciente tomou foi de 10 g/L.

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

A análise das resoluções da S3 evidenciou que a maioria dos estudantes (E2 a E12, com exceção de E1) apresentou resoluções adequadas, como previsto na *análise a priori*,

demonstrando compreensão da estrutura do problema e domínio das estratégias de resolução. Dentre as resoluções adequadas, os estudantes manifestaram um teorema em ação verdadeiro (TAV3). Esses estudantes utilizaram a fórmula química e recorreram a esquemas de divisão, representações numéricas ou à relação proporcional.

Os números escolhidos para o enunciado, 300 e 20, são números inteiros e resultam em uma divisão exata ($300 \div 20 = 15$), o que reduziu a complexidade numérica e operacional, favorecendo a interpretação da proporcionalidade envolvida.

A análise das resoluções da S4 indicou que o apoio visual, do tipo tabela, não facilitou significativamente a resolução, e não favoreceu no reconhecimento das relações de proporcionalidade envolvidas. Mesmo o estudante que apresentou a resposta adequada (E5), não utilizou o apoio visual de forma eficaz, assim como aconteceu com os outros estudantes. Esses últimos, ou recorreram a ele parcialmente com erros de substituição, ou apresentaram dados que não foram fornecidos nem no enunciado e nem na tabela.

Os números decimais 0,9 e 0,1 – em especial o número decimal 0,1 – mostraram-se um fator de dificuldade, especialmente na substituição de valores na fórmula química e no cálculo com esses números. Muitos estudantes inverteram valores, utilizaram dados da tabela que não fazem parte do enunciado ou confundiram as unidades de medida (volume da dose x volume da embalagem), o que indica que os decimais e a relação massa/volume representada de forma fracionária dificultaram a resolução adequada.

A divisão $0,9 \div 0,1$ gerou dificuldades, interferindo na interpretação do contexto e conceito químico em questão. Essas dificuldades dos estudantes são explicitadas também por Esteves e Souza (2012) e são levantadas pela maioria dos professores: a falta de compreensão do que os números decimais representam e como fazer a divisão com eles. Os autores mencionam a comparação que os estudantes fazem dos números decimais com os números naturais, em que eles enxergam os decimais como naturais separados por vírgula, manifestando a dificuldade de compreender os números decimais como um número que pertence a outro conjunto numérico. Para os autores, a falta de compreensão conceitual e do sistema posicional decimal pode ser a causa dos erros dos estudantes em relação aos cálculos com números decimais.

A quarta situação-problema (S4) revelou que, embora a estrutura proporcional da subclasse Partição seja preservada, variáveis como a natureza dos números envolvidos (números decimais), o formato da apresentação dos dados (tabela) e o contexto científico influenciam diretamente o desempenho dos estudantes. Isso reafirma a importância de

considerar, no planejamento didático, não apenas a operação matemática exigida, mas também o nível de abstração, a familiaridade com o contexto e a clareza das representações utilizadas.

Embora pertençam à mesma subclasse de Proporção Simples–Partição, as situações-problema 3 e 4 revelaram diferenças importantes na forma como os estudantes as resolveram. Na terceira situação, que envolvia números inteiros e o uso da fórmula direta ($C = 300/20$), a maioria dos alunos apresentou estratégias adequadas e obteve sucesso na resolução, utilizando a fórmula química, esquemas de divisão e até representações por extenso.

Comparando-se a terceira situação com a quarta, nota-se que os tipos de TAV e TAF são similares em estrutura, mas diferentes em complexidade e manifestação. Na terceira situação, a maioria dos estudantes conseguiu operar corretamente com números inteiros e expressar o raciocínio proporcional de forma adequada, revelando um TAV3.

Já na quarta situação, embora alguns estudantes também tenham manifestado TAV3 (caso de E12), outros apresentaram dificuldades tanto na compreensão conceitual da proporcionalidade quanto na substituição adequada de dados, gerando TAF2, como observado em E1.

A presença de números decimais e a necessidade de interpretar a tabela e, reconhecer a concentração como sendo a quantidade de soluto por unidade de volume, ampliaram a complexidade envolvida nessa subclasse. As estratégias utilizadas pelos estudantes para resolver a S4 variaram significativamente em relação à terceira situação.

Enquanto na S3 os estudantes recorreram, predominantemente, à divisão direta com base na fórmula química, na quarta situação muitos tentaram empregar Regra de Três, multiplicações inversas ou esquemas sem fundamentação clara, revelando incertezas quanto à estrutura da operação proporcional.

As estratégias de resolução também diferem em sua natureza: na Partição, o foco recai sobre a razão e a divisão, com uso recorrente de fórmulas e esquemas que evidenciam a relação entre duas grandezas.

Os estudantes mobilizaram diversos esquemas para tentar resolver a S4, mas não reconheceram a relação direta entre massa e volume para essa proporcionalidade. O cálculo de concentração é complexo, pois os conceitos matemáticos (divisão, proporção) se articulam com conceitos como a dosagem do medicamento. A compreensão e a interpretação desses dados fornecidos no enunciado, requerem a construção de esquemas que permitam ao estudante manifestar as diferentes representações para resolver essa situação-problema envolvendo proporções (Vergnaud, 2009a).

No Quadro 29 será apresentada uma síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 3 e 4.

Quadro 29 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 3 e 4

	Situação-Problema 3 (S3)	Situação-Problema 4 (S4)
Conceitos e Ideias Matemáticas	-Proporcionalidade; -Divisão; -Multiplicação; - Números Naturais.	-Proporcionalidade; -Regra de Três; -Operações com Decimais; -Divisão; -Multiplicação.
Representações Utilizadas	-Representação Numérica com Inteiros; -Língua Natural.	-Representações Numéricas (envolvendo números decimais); -Língua Natural; - Tabela;
Teoremas em Ação	-TAV3: Sejam C a concentração, m a massa e V o Volume, então, $C = \frac{m}{V}$; - TAF2: A solução de uma situação-problema envolvendo Concentração Comum de Soluções sempre será dada por C/V ;	-TAV3: Sejam C a concentração, m a massa e V o Volume, então, $C = \frac{m}{V}$; - TAF2: A solução de uma situação-problema envolvendo Concentração Comum de Soluções sempre será dada por C/V ;
Outros erros	- Uso inadequado da fórmula química; - Uso da fórmula química incompleta; - Substituição da concentração no lugar da massa; - Inversão da operação (multiplicação/divisão) para resolução correta; - Uso de dado aleatório; - Uso da multiplicação incorreta; - Uso da divisão incorreta.	- Uso inadequado da fórmula química; - Uso da fórmula química incompleta; - Inversão da operação (multiplicação/divisão) para resolução correta; - Uso da divisão incorreta. - Tentativas de conversão de unidades de medida.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

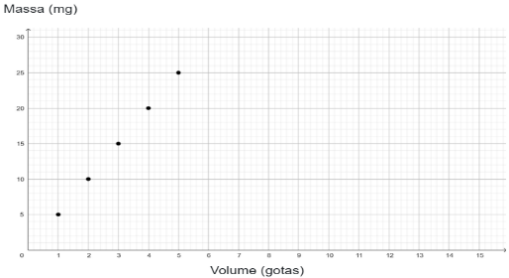
Assim como para as situações S1 e S2, o Quadro 29 explicita que, apesar de S3 e S4 pertencerem à mesma subclasse, as variáveis didáticas – tabela e conjunto numérico – interferiram nos esquemas dos estudantes, indicando que não estão familiarizados com cálculos com números decimais e interpretações de tabelas, e ocasionando uma maior quantidade de erros pelos estudantes. A mudança de subclasse também aumentou as dificuldades de resolução na S4, aumentando o número de respostas inadequadas.

A seguir serão apresentadas as resoluções dos estudantes juntamente com as análises da pesquisadora, autora desta dissertação, referentes às situações-problema 5 e 6.

4.2.3 Análises e Discussões das Situações-problema 5 e 6

O Quadro 30 apresenta as situações-problema da classe de Proporção Simples subclasse Cota. Nesta subclasse, o valor que corresponde à unidade é dado e deseja-se descobrir o valor da medida que corresponde à medida de mesma natureza da unidade dada, ou quantas cotas ou grupos se pode obter com essa medida dada (Miranda, 2019). A primeira situação é apresentada somente em língua natural e a segunda, além de língua natural, possui um gráfico como apoio visual.

Quadro 30 – Situações-problema da Proporção Simples-Cota

Situação 5	Situação 6
<p>Num frasco de solução salina há 100 g de cloreto de sódio. Calcule o volume em mL, dessa solução, sabendo que ela possui uma concentração de 2,5g/mL. Adaptado de Santos (2016).</p>	<p>Observe o gráfico linear a seguir, que relaciona os valores correspondentes a massa (mg) e o volume (gotas) de um medicamento. Sabendo que a dosagem máxima diária não pode exceder 200 mg, quantas gotas devem ser ministradas a um paciente que precisa tomar a dosagem máxima? Adaptado de Santos e Mol (2016, p. 75)</p> 

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No Quadro 31 será apresentada uma síntese das diferentes estratégias de resoluções mobilizadas pelos participantes.

Quadro 31 – Estratégias utilizadas para a resolução das situações-problema 5 e 6

Situação-Problema	Fórmula Química-Estratégia Adequada	Fórmula Química-Estratégia Inadequada	Regra de Três-Estratégia Adequada	Outros esquemas-Adequada	Outros esquemas-Inadequada
S5	E5, E7, E11, E12.	E1, E2, E3, E4, E6, E8, E9, E10.	-	-	-
S6	-	E1, E2, E11.	E3, E5, E12.	E8, E9, E10	E4, E6, E7.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a situação-problema 5 todos os estudantes apresentaram somente a fórmula química como estratégia de resolução, sendo que a minoria (4), E5, E7, E11, E12, manifestou estratégias iguais e adequadas para a resolução por meio da fórmula química, conforme esquemas representados no Quadro 32.

E5 e E7 substituíram os valores diretamente na fórmula para resolver. E11 apresentou a fórmula antes de substituir os valores e E12, além de apresentar a fórmula antes de substituir, anotou os dados retirados do enunciado.

Dentre os estudantes, 8 (E1, E2, E3, E4, E6, E8, E9, E10) manifestaram estratégias inadequadas, manifestando o TAF3. E1 utilizou a fórmula incompleta $\frac{C}{V}$ (Ver Quadro 33), assim como em todos os esquemas manifestados por ele, apresentou o valor da concentração conforme fornecido no enunciado, mas também apresentou outros valores que não condizem com os dados da situação-problema como o valor 2, não substituiu corretamente na fórmula, nem operacionou corretamente o valor apresentado no esquema que foi $100 \times 2 = 101$.

Os estudantes E2, E3, E6, E8, E9 manifestaram as mesmas estratégias de resolução inadequadas, substituíram os valores do enunciado na fórmula química, mas não souberam operacionalizar matematicamente, deveriam reorganizar a fórmula isolando o volume para buscar o seu valor, mas não tiveram sucesso. O rearranjo apresenta a massa dividida pela concentração, ou seja, $V = \frac{100}{2,5}$, e os estudantes (E2, E3, E6, E8, E9) multiplicaram $100 \times 2,5$.

E4 substituiu diretamente os valores, de forma correta, na fórmula química, mas não desenvolveu os cálculos. E10 apresentou uma substituição incorreta de valores, sendo $C = \frac{100}{2,5}$, e apresentou como resposta 55 mL, sem qualquer cálculo, conforme recorte apresentado no Quadro 33, sendo que o previsto na análise *a priori* seria 40 mL.

Para a situação 6, diferentes estratégias de resolução foram desenvolvidas: 6 estudantes resolveram de forma adequada e 6 de forma inadequada.

E3, E5, E12 manifestaram uma estratégia adequada com um esquema de Regra de Três semelhante. E3, além do esquema da Regra de Três, apresentou numericamente a multiplicação e a divisão para encontrar o valor da dosagem. No lugar de uma incógnita, E5 representou pictoricamente a gota juntamente com o esquema da Regra de Três, conforme será apresentado no Quadro 32. E9 apresentou um esquema de cálculo matemático adequado de divisão com o valor da massa apresentado no enunciado e o valor do gráfico para 1 gota. E8 e E10 apresentaram somente resposta por extenso adequada, manifestando implicitamente o valor esperado.

O estudante E1 manifestou sua estratégia utilizando a fórmula química, a partir do cálculo inadequado para encontrar o volume apresentou novamente um cálculo incorreto, como $200 \times 25 = 220$.

Os estudantes E2 e E11 apresentaram a fórmula química como estratégia de resolução inadequada, utilizaram valores iguais extraídos do gráfico, mas não apresentaram resposta como esperado na análise *a priori*. E4 apresentou apenas resposta por extenso e inadequada, E7 apresentou valores retirados do gráfico e apresentou uma proporção $\times 10$ como resposta inadequada. E6 apresentou um cálculo matemático com os valores da massa indicados no enunciado e valores do gráfico, porém, não apresentou resposta adequada, encontrou o valor da massa por gota e deveria dividir, mas multiplicou. Retirou os dados corretamente do gráfico e operacionou, $25 \div 5 = 5$ (valor da massa em uma gota), depois deveria dividir a massa de 200 pela encontrada anteriormente, $200 \div 5 = 40$ gotas, mas apresentou $200 \times 5 = 1000$, representando uma multiplicação ao invés da divisão.

Para Gitirana *et al.* (2014, p. 62), embora sem a utilização da divisão, “esse é um resultado da divisão em uma situação de Proporção Simples, a divisão como cota”. Segundo as autoras, essa dificuldade decorre da ênfase que a escola confere ao ensino da divisão como partição. Essa abordagem pode gerar uma dificuldade de reconhecimento conceitual futuramente, pois os estudantes podem apresentar incapacidade de identificar situações que demandem a divisão como cotas e que não façam a utilização da operação de divisão na resolução de problemas desse tipo específico (Bernardino, 2022).

O Quadro 32 apresenta os recortes das resoluções adequadas apresentadas pelos estudantes para S5 e S6.

Quadro 32 – Resoluções adequadas das situações-problema 5 e 6 (continua)

Resolução de E5 para S5- Fórmula química	Resolução de E7 para S5- Fórmula química
$2,5 = \frac{100}{V}$ $2,5V = 100$ $V = \frac{100}{2,5}$ $V = 40 \text{ mL}$ <p>R: O volume necessário é de 40 mL</p>	$2,5 = \frac{100}{V}$ $V \cdot 2,5 = 100$ $V = \frac{100}{2,5}$ $V = 40 \text{ mL}$ <p>R: O volume dessa solução é 40 mL.</p>

(conclusão)

Resolução de E3 para S6- Regra de Três	Resolução de E5 para S6- Regra de Três									
<p>Volume (gotas)</p> <table><tr><td>m</td><td>v</td><td></td></tr><tr><td>25</td><td>- 5</td><td>$25x = 5 \cdot 200$</td></tr><tr><td>200</td><td>- x</td><td>$25x = \frac{1000}{25}$</td></tr></table> <p>$x = 40$</p> <p>Ele precisa tomar 40 gotas</p>	m	v		25	- 5	$25x = 5 \cdot 200$	200	- x	$25x = \frac{1000}{25}$	<p>$S_0 = 25 \text{ mg}$ $D = 200 \cdot y$</p> <p>$250 = 1000$ $D = \frac{1000}{25}$</p> <p>400</p> <p>R: G. precisa tomar 40 gotas</p>
m	v									
25	- 5	$25x = 5 \cdot 200$								
200	- x	$25x = \frac{1000}{25}$								

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

A busca pelo volume nas duas situações-problema ocorre rearranjando a fórmula química, multiplicando-se o valor da concentração pelo volume do frasco, que neste caso é a incógnita, e, para encontrá-lo passa-se dividindo o valor da concentração com o valor da massa, representado por $2,5 = \frac{100}{V}$.

A razão é encontrada ao se fazer a divisão, com uma proporção inversa. O valor corresponde ao volume da solução.

Essa estratégia representa um teorema em ação verdadeiro, identificado pela sigla TAV4:

$$\text{TAV4: Se } C = \frac{m}{V}, \text{ então } V = \frac{m}{C}$$

Ou seja, se a concentração de uma solução é igual à massa do soluto dividida pelo volume da solução, então, o volume da solução é igual à massa do soluto multiplicada pela concentração.

Assim, o estudante manifesta esse TAV para S5.

O Quadro 33 apresenta os recortes das resoluções inadequadas apresentadas pelos estudantes para S5 e S6.

Quadro 33 – Resoluções inadequadas das situações-problema 5 e 6

Resolução de E1 para S5- Fórmula química	Resolução de E2 para S5- Fórmula química
$\frac{C}{V} = 2,5 \text{ g/ml} \quad 100 \cdot 2 = 100$ <p>temui uma concentração de 101 ml</p>	$C = \frac{M}{V} \quad 250 = \frac{100}{V} \quad \frac{250}{100}$ $250 \cdot 100$ 25000 250 ml <p>R: O volume é de 250 ml</p>
Resolução de E8 para S5- Fórmula química	Resolução de E10 para S5- Fórmula química
$2,5 = \frac{100}{V}$ <p>O volume dessa solução é 250 ml</p> $\begin{array}{r} 100 \\ \times 2,5 \\ \hline 500 \\ 200 + \\ \hline 2500 \end{array}$	$C = \frac{100}{2,5} = 55 \text{ g/ml}$ <p>O volume desta solução salina seria de 55 ml</p>
Resolução de E6 para S6- Outros esquemas	Resolução de E7 para S6- Outros esquemas
$200 \text{ mg} = \frac{25}{5}$ $\begin{array}{r} 25 \ 15 \\ - 25 \ 5 \\ \hline 100 \end{array}$ $200 = 5$ $R = 1000$ $\begin{array}{r} 200 \\ \times 5 \\ \hline 1000 \end{array}$ <p>O paciente deve tomar 1000 gotas por dia.</p>	$\begin{array}{r} 10 \ 10 \\ 25 - 5 \\ \hline 250 - 50 // \end{array}$ <p>R: A quantidade de gotas que o paciente deve tomar são 50 gotas.</p>

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

No desenvolvimento dessas estratégias para encontrar o valor do volume o resultado é obtido por meio de uma divisão e os estudantes que manifestaram essa estratégia inadequada (E1, E2, E3, E4, E6, E8, E9, E10) utilizaram uma multiplicação, apresentando o TAF3.

$$\text{TAF3: Se } V = \frac{m}{C}, \text{ então } V = m \cdot C$$

O estudante manifesta esse TAF ao realizar equívocos de cálculo a partir do TAV4, invertendo a operação ou o rearranjo da fórmula, manifestando-se de maneira inadequada para a resolução.

O cálculo do volume é complexo, pois os conceitos matemáticos (divisão, proporção) se articulam com conceitos entre a massa e a concentração da solução. A compreensão e a interpretação desses dados fornecidos no enunciado requerem a construção de esquemas que permitam ao estudante manifestar as diferentes representações para resolver essa situação-problema envolvendo proporções (Vergnaud, 2009a).

Nesta subclasse, parte-se de um valor unitário conhecido e o objetivo é determinar a quantidade de unidades necessárias para compor um total, o que implica a mobilização de uma inversão entre concentração e volume na fórmula química e o uso da divisão como operação fundamental.

Na resolução da situação 5, assim como na S1 e S3, todos os estudantes utilizaram a fórmula química como estratégia de resolução. Na S5, a maioria dos estudantes apresentou dificuldades evidenciadas pela substituição incorreta dos valores na fórmula, uso inadequado das operações e a manipulação de dados não fornecidos no enunciado, por vezes decorrentes de conversão de unidades de medidas. Apenas 4 estudantes (E5, E7, E11 e E12) mobilizaram corretamente o teorema em ação verdadeiro (TAV4), utilizando a fórmula química de forma adequada, substituindo corretamente os dados e realizando as operações matemáticas de forma coerente. Os demais estudantes apresentaram teoremas em ação falsos (TAF3), em sua maioria, por utilizarem multiplicação em vez de divisão, demonstrando não terem compreendido a natureza inversa da relação entre concentração, massa e volume.

Além disso, nota-se que a simples utilização da fórmula química, sem compreensão dos significados das grandezas envolvidas, não garante uma resolução adequada. A situação evidencia que o domínio conceitual da divisão e o entendimento do operador escalar são essenciais para a resolução desse tipo de problema.

Os dados fornecidos em números decimais (como 2,5 g/mL) apresentaram um desafio significativo, pois, muitos estudantes demonstraram dificuldades na operacionalização matemática, especialmente ao confundirem multiplicação com divisão, o que aponta que os números utilizados dificultaram a resolução da situação-problema.

O teorema verdadeiro (TAV4) exigia a compreensão da inversão da operação – ou seja, uma proporcionalidade inversa. Já o teorema em ação falso (TAF3) foi apresentado por falhas na identificação do operador inverso necessário para resolver a equação.

Em todas as resoluções, os estudantes utilizaram a fórmula química como principal estratégia, o que revela uma tendência destes estudantes. No entanto, nas S5 e S6, a forma de manipular a fórmula variou, era necessário reorganizar a fórmula para resolver uma proporção inversa, o que causou maior dificuldade.

Para a resolução da S6, a quantidade de gotas é o volume do medicamento, que também é determinado rearranjando a fórmula química, multiplicando-se o valor da concentração pelo volume de gota, que neste caso é a incógnita, e para encontrá-lo passa-se dividindo o valor da massa com o valor da concentração representado por $5 = \frac{200}{V}$.

O apoio visual representado pelo gráfico foi utilizado pela maioria demonstrando que auxiliou nas resoluções com a retirada dos dados dele.

Bernardino (2022) também identificou erros de operação matemática ao analisar se a variação da classe de problemas mistos Proporção Simples e transformação de medidas, associada à função afim, intervém na resolução de estudantes do Ensino Médio. Esses erros sistemáticos foram citados por Ozores (2016) em sua pesquisa, pois eles ocorrem quando o estudante não compreende o que está sendo buscado em uma situação-problema e apenas reproduz processos que, normalmente, utiliza na Matemática, devido à necessidade de apresentar um resultado.

As análises da resolução da sexta situação-problema (S6) permitiram observar aspectos relacionados às estratégias mobilizadas pelos estudantes. O enunciado da S6 foi apresentado em língua natural e acompanhado por um apoio visual do tipo gráfico, que relacionava massa e volume, recurso que, conforme análise dos dados, favoreceu parcialmente o desempenho dos estudantes. O gráfico que relaciona massa (mg) e volume (gotas) – contribuiu para a extração de dados corretos por parte da maioria dos estudantes. No entanto, embora tenha auxiliado na leitura dos valores, não foi suficiente para garantir a resolução correta da situação-problema.

Dos 12 estudantes, 6 chegaram a respostas adequadas. Isso sugere que, embora o apoio visual facilite a interpretação inicial, a dificuldade persiste no momento de operacionalizar os dados com raciocínio proporcional e divisão como cota.

Os números utilizados, com valores inteiros (como 5, 25, 200), foram selecionados com a intenção de não dificultar os cálculos matemáticos, porém, a análise mostra que houve erros recorrentes de operação, como o uso incorreto de multiplicação ao invés de divisão, por exemplo. Isso revela que a própria subclasse da situação-problema do tipo Cota, ou seja, a estrutura do problema, dificulta a interpretação do enunciado e a resolução pelos estudantes.

As estratégias se mantêm semelhantes entre as situações S5 e S6: os estudantes recorreram, majoritariamente, à fórmula química, cálculo proporcional e Regra de Três. No entanto, mesmo utilizando as estratégias adequadas, muitos não conseguiram operar corretamente os cálculos de multiplicação ou divisão. Aqueles que manifestaram TAV4 demonstraram domínio do conceito de CCS enquanto os demais revelaram TAF3 com erros

recorrentes no rearranjo da fórmula e na escolha da operação correta. Alguns manifestaram esquemas adequados, mas fizeram operações erradas.

As análises da S5 e S6 permitem identificar que, independentemente de o enunciado possuir ou não o gráfico na situação, os estudantes demonstraram dificuldade em realizar o rearranjo da fórmula e escolher a operação correta. É necessário propor, em sala de aula, tarefas contextualizadas e variadas que abordem intencionalmente diferentes estruturas dos problemas, tal como a diferença entre divisão como partição e como cota, e que incentivem o uso de representações múltiplas (gráficos, tabelas, esquemas e língua simbólica).

Além disso, é fundamental proporcionar momentos de exploração do significado das operações, especialmente em contextos interdisciplinares como o da dosagem de medicamentos, para que os estudantes compreendam a aplicabilidade dos conceitos matemáticos em situações reais. No Quadro 34 será apresentada uma síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 5 e 6.

Quadro 34 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 5 e 6

	Situação-Problema 5 (S5)	Situação-Problema 6 (S6)
Conceitos e ideias Matemáticas	-Proporcionalidade; -Multiplicação; -Divisão; -Números Decimais.	-Proporcionalidade; -Regra de Três; -Multiplicação -Divisão; -Números Naturais.
Representações Utilizadas	-Representação Numérica; -Língua Natural; - Representação Numérica.	-Representação Numérica; -Representação Pictórica; -Língua Natural; -Gráfica.
Teoremas em Ação	-TAV4: Se $C = \frac{m}{V}$, então $m = C \cdot V$; -TAF3: Se $V = \frac{m}{C}$, então $V = m \cdot C$.	-TAV4: Se $C = \frac{m}{V}$, então $m = C \cdot V$; -TAF3: Se $V = \frac{m}{C}$, então $V = m \cdot C$.
Outros Erros	-Uso da fórmula química incompleta; -Inversão da operação para resolução correta; -Uso de conversão de unidade de medidas; -Divisão envolvendo números decimais incorreta.	-Uso da fórmula química incompleta; -Inversão da operação para resolução correta; -Uso de conversão de unidade de medidas;

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Assim como para as situações anteriores, o Quadro 34 explicita que, apesar de S5 e S6 pertencerem à mesma subclasse, as variáveis didáticas – gráfico e números decimais – interferiram nos esquemas dos estudantes, indicando que os estudantes não estão familiarizados com cálculos com números decimais e interpretações de gráficos e ocasionando uma maior quantidade de erros pelos estudantes. A mudança de subclasse também aumentou as dificuldades de resolução na S6, aumentando o número de respostas inadequadas e as variações das estratégias que os estudantes acionaram para tentar resolvê-las.

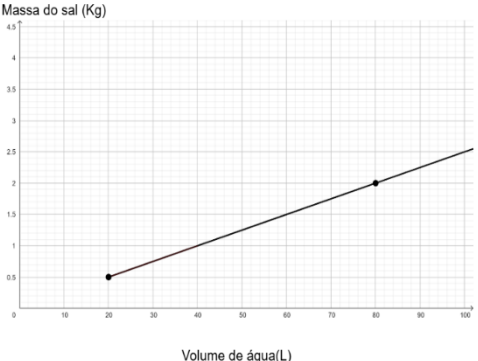
A seguir serão apresentadas as resoluções dos estudantes juntamente com as análises da pesquisadora, autora desta dissertação, referentes à situação-problema 7 e 8.

4.2.4 Análises e Discussões das Situações-Problema 7 e 8

As duas situações-problema apresentadas a seguir são do tipo Proporção Simples–Quarta Proporcional em que o valor correspondente à unidade não é dado e nem solicitado (Vergnaud, 1993 e Gitirana *et al* 2014). Uma delas (S7) é representada somente em língua natural e a outra (S8) é representada em língua natural e um gráfico como apoio visual.

No Quadro 35 serão apresentadas as situações-problema 7 e 8 propostas aos estudantes.

Quadro 35 – Situações-problema da Proporção Simples-Quarta Proporcional

Situação 7	Situação 8
<p>O leite é um alimento rico em cálcio. Em cada 200 mL de leite ingerido consome-se 335 mg de cálcio. Determine a quantidade de cálcio em mg, ingerida, por um indivíduo que consome diariamente 600 mL de leite. Adaptado de Lisboa (2016, p. 17)</p>	<p>Um empreendedor obtém sal extraído da água do mar. O gráfico a seguir relaciona a quantidade de sal retirada de uma certa quantidade de água do mar. Nestas condições, se o empreendedor processar 10.000 L de água em um mês, quanto irá obter de sal (kg)? Novais; Antunes (2016, p. 53)</p> 

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O Quadro 36 apresenta a classificação a partir dos esquemas dos estudantes utilizados para resolução dessa situação-problema. Na primeira coluna deste Quadro está a estratégia utilizada pelos estudantes para a resolução da situação correspondente (S7, S8) e a partir da segunda coluna está a quantidade de estudantes que a resolveram manifestando essas estratégias.

Quadro 36 – Estratégias manifestadas para a resolução das situações-problema

Situação-Problema	Fórmula Química-Estratégia Adequada	Fórmula Química-Estratégia Inadequada	Regra de Três-Estratégia Adequada	Regra de Três-Estratégia Inadequada	Outros esquemas-Adequada
S7	E6.	E1, E11.	E2, E8, E9, E10, E12.	E3, E4.	E5, E7
S8	-	E1, E2, E6, E11.	E9, E12	E3, E4, E8, E10.	E5, E7.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a resolução da S7, 8 estudantes (E2, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E12) manifestaram estratégias adequadas de resolução: um estudante (E6) manifestou o uso da fórmula química, conforme recorte no Quadro 37, apresentou um esquema de multiplicação na resolução, manifestando o TAV1, como apresentado na S1; 5 estudantes (E2, E8, E9, E10, E12) resolveram utilizando a Regra de Três e com respostas adequadas de acordo com o esperado na análise *a priori*; todos os estudantes responderam por extenso. E8 e E12 apresentaram também o esquema de multiplicação. Com esses esquemas de resolução manifestaram um TAV5 que consiste em aplicar uma propriedade de proporcionalidade em que o produto dos meios é igual ao produto dos extremos, modelado por:

TAV5: Sejam m_1 e m_2 proporcionais; V_1 e V_2 proporcionais, então,

$$m_1 \cdot V_1 = m_2 \cdot V_2$$

Os estudantes E2, E8, E9, E10, E12 manifestaram esse TAV ao apresentar um esquema de Regra de Três. O Quadro 37 apresenta os recortes das resoluções adequadas para S7 e S8:

Quadro 37 – Resolução adequada da situações-problema

Resolução de E6 para S7- Fórmula química	Resolução de E7 para S7- Outros esquemas
$C = \frac{M}{V}$ $M = 200 \text{ mL}$ $V = 600 \text{ mL}$ $C = 335 \text{ mg}$ $335 = \frac{200}{600}$ 335×3 $\text{Quantidade} = 1005 //$ $\begin{array}{r} 200 \\ \times 3 \\ \hline 600 \end{array}$ $\begin{array}{r} 11 \\ 335 \\ \times 3 \\ \hline 1005 \end{array}$	$200 \cdot 3 = 600$ $335 \cdot 3 = 1.005 \text{ mg}$ <p>R: A quantidade diária de cálcio ingerida é 1.005 mg.</p>
Resolução de E5 para S8- Regra de três	Resolução de E6 para S8- Outros esquemas
$100 = 2,5$ $10000 =$ 250 kg <p>R: Ele irá obter 250 kg de sal</p>	<p>Ele obterá</p> 400.000 de sal $M = 2$ $V = 80$ $C = 10.000$ $R = 400.00$ $100.00 = \frac{2}{80}$ 100.00×4.0 $\begin{array}{r} 80 \cancel{0} \\ - 81 \cancel{4} \\ \hline 00 \end{array}$ $\begin{array}{r} 100.00 \\ \times 4.0 \\ \hline 400.00 \end{array}$

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

Para S7, os estudantes E6 e E7 apresentaram uma estratégia adequada representando um esquema de equivalência: se $200 \text{ mL} \times 3 = 600$, então, a resposta é $335 \times 3 = 1005$. E6 iniciou com a fórmula química e finalizou com esquema de multiplicação e apresentou apenas a resposta final. Para a resolução da S8 também se necessitava de duas etapas, como na S7. Dentre os 12 estudantes, 4 resolveram de forma adequada e 8 desenvolveram estratégias de resolução inadequadas, por meio de várias formas de representação. Isso corresponde ao que foi previsto pela análise *a priori* em relação ao que se pede no enunciado da situação-problema, que se trata da massa de sal em kg e sua representação matemática.

Ao todo, apenas 4 estudantes apresentaram resolução adequada, E5, E9 e E12 resolveram por meio da Regra de Três e manifestaram o TAV5. E7 manifestou a representação numérica para apresentar os algoritmos da multiplicação para a resolução, porém, notou-se que apagou os cálculos.

Para S7, 4 estudantes apresentaram estratégia inadequada de resolução (E1, E3, E4, E11). E1, E11 utilizaram estratégia inadequada para resolvê-la por meio da fórmula química, manifestando o TAF1, conforme recortes apresentados no Quadro 38, a partir do cálculo inadequado, invertendo as operações matemáticas necessárias para a resolução. E3 e E4 utilizaram a Regra de Três para encontrar o valor da massa de cálcio apresentando o esquema corretamente, mas, a estratégia se tornou inadequada ao apresentarem cálculos incorretos. E3 realizou todos os passos e cálculos corretamente, porém, na resposta final da divisão de 2010 por 2 apresentou 105 como resposta, “esquecendo” de um zero para a resposta correta que seria 1005, o recorte é apresentado no Quadro 38. E4 realizou a operação de multiplicação corretamente, mas não finalizou com a divisão que seria a segunda etapa do esquema representado pela Regra de Três.

Para a resolução da S7 os estudantes demonstraram que conhecem os conceitos químicos de CCS, utilizaram a fórmula química, mas não souberam finalizar os cálculos diretamente com ela, pois com seu auxílio deveriam calcular em duas etapas. Primeiramente deveriam encontrar o valor da concentração com o volume inicial e depois substituir na fórmula para encontrar a massa de cálcio contida nos 600 mL, conforme apresentado na análise *a priori*

1ª Etapa:

$$\frac{200}{1} = \frac{335}{x}$$

$$200x = 335$$

$$x = \frac{335}{200}$$

$$x = 1,675 \text{ mg/ mL}$$

2ª Etapa:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$1,675 = \frac{m}{600}$$

$$m = 1,675 \times 600$$

$$m = 1005 \text{ mg}$$

Algebricamente, os estudantes poderiam identificar o valor da quantidade de cálcio representando matematicamente pela expressão $\frac{200}{600} = \frac{335}{x}$. Esse esquema foi o mais utilizado pelos estudantes para a resolução dessa situação, manifestada como Regra de Três.

Para Gitirana *et al.* (2014, p. 70), “a regra de três passa a ser utilizada como regra prática e sem significado para o estudante. Ela também é responsável por muitos erros dos estudantes ao lidarem com os problemas de grandezas diretamente proporcionais, classificados como quarta proporcional”.

Para S8, os estudantes E1, E2, E3, E4, E6, E8, E10 e E11 manifestaram estratégia de resolução inadequada. O estudante E1 resolveu utilizando a fórmula química de maneira inadequada e incompleta, e manifestou novamente o TAF1 ao utilizar $\frac{C}{V}$. Os estudantes E2, E6 e E11 apresentaram a fórmula química, mas substituíram os dados incorretamente também manifestando o TAF1.

Os estudantes E3, E4, E8, E10 resolveram por meio da Regra de Três, mas apresentaram erro nos cálculos matemáticos, conforme apresentado no Quadro 38. E3 representou um esquema adequado, mas utilizou dados que não correspondem ao ponto escolhido, utilizou o número 3, que corresponde ao peso, mas deveria utilizar o valor 2,5 kg. E4 representou um esquema adequado, mas não soube resolver a divisão, apresentando resultado incorreto. E8 representou um esquema adequado, mas apresentou somente a primeira etapa de multiplicação com resultado incorreto. E10 representou um esquema adequado, não apresentou cálculos, colocando somente uma resposta incorreta.

No esquema apresentado por E6, ele utilizou todos os dados e substituiu na fórmula química, ainda operacionou uma divisão de 80/2 equivocada, fazendo cálculos apenas para encontrar algum valor aleatório. E11 também dividiu incorretamente e apresentou uma tentativa de resolução parcial para o resultado, pois não utilizou todos os dados fornecidos no enunciado.

Para essa situação são apresentadas as possíveis estratégias de resolução, que podem ser com a fórmula química de CCS:

1ª Etapa:

$$\frac{20}{1} = \frac{0,5}{x}$$

$$20x = 1 \times 0,5$$

$$x = \frac{0,5}{20}$$

$$x = 0,025 \text{ kg/L}$$

2ª Etapa:

$$C = \frac{m}{V}$$

$$0,025 = \frac{m}{10000}$$

$$m = 0,025 \times 10000$$

$$m = 250 \text{ kg}$$

O esquema apresenta a relação existente entre o volume de 20 L e a quantidade de massa de 0,5 kg de sal, e busca-se a massa de sal a ser tida com 10000 L de água do mar processada. Algebricamente, pode-se representar essa relação pela seguinte proporção:

$$\frac{20}{10000} = \frac{0,5}{x}$$

$$20x = 10000 \times 0,5$$

$$x = \frac{5000}{20}$$

$$x = 250$$

Logo, essa Proporção Simples é representada por $20x = 10000 \times 0,5$.

Assim, a massa de sal obtida em 10000 L de água do mar processada é de 250 kg.

Ao mobilizarem esses conhecimentos, 8 estudantes responderam ao questionamento das situações-problema de forma inadequada.

Mesmo tendo o gráfico como apoio visual isso não facilitou a resolução adequada dessa situação, pois ela é mais complexa dentre as demais situações-problema contempladas nesta pesquisa (Gitirana, 2014) e precisa de duas etapas para encontrar o valor previsto na resolução apresentada na análise *a priori*.

O Quadro 38, a seguir, apresenta os recortes com as resoluções realizadas de maneira inadequada para S7 e S8:

Quadro 38 – Resolução inadequada das situações-problema

Resolução de E11 para S7-Fórmula química	Resolução de E3 para S7-Regra de três
$c = \frac{m}{V}$ $335 = \frac{m}{600}$ $m = \frac{335 \cdot 600}{1}$ $m = 1,40 \text{ mg}$ <p>A quantidade de cálcio ingerido por um indivíduo é de aproximadamente 1,40 mg.</p>	$200 \text{ mL} \rightarrow 335 \text{ mg}$ $600 \text{ mL} \times x$ $200x = 600 \cdot 335$ $200x = \frac{201000}{200}$ $x = \frac{2010}{2}$ $x = 105 \text{ mg}$ <p>O indivíduo consome diariamente em 600 mL de leite 105 mg de cálcio.</p>
Resolução de E2 para S8- Fórmula química	Resolução de E10 para S8-Outros esquemas
$c = \frac{m}{V}$ $c = 2,5 \cdot 10.000$ $c = 25$ <p>R= Sólido soluto de sal 25 Kg.</p>	$100 = 2,5 \text{ kg}$ $10.000 = ?$ $t = \frac{10000 \cdot 2,5}{100} = 2.500 \text{ kg}$ <p>O empreendedor terá 2.500 kg de sal com 1000 L de água.</p>

Fonte: Arquivos da pesquisa (2025).

Na S7 E11 utilizou a fórmula química para resolvê-la, a partir do cálculo inadequado, invertendo as operações matemáticas necessárias para a resolução, trocando a massa e a concentração de lugar e dividindo inversamente. E3 utilizou a Regra de Três apresentando o esquema corretamente, mas, a estratégia se tornou inadequada ao apresentar o cálculo da divisão incorreto, a resposta seria 1005 e ele apresentou 105.

Na S8, E2 substituiu diretamente os valores na fórmula química e buscou a concentração, mas deveria buscar a massa. Depois apresentou a multiplicação que seria a forma de resolver, mas além de não ser substituído o dado correto utilizou o valor incorreto também

para o volume, utilizou o volume final e não o correspondente ao ponto escolhido no gráfico que foi o 2,5.

Bernardino (2022) identificou que dentro de uma mesma classe pode haver diferentes dificuldades intrínsecas aos dados da situação-problema, elas podem ser manifestadas de diversas outras formas de resolução além da Regra de Três e utilizar diversos teoremas em ação.

A S7 foi apresentada somente em língua natural, sem apoio visual, o que não comprometeu, significativamente, o desempenho dos estudantes. Ao contrário, a ausência de representação gráfica não impediu que a maioria (8 estudantes) manifestasse estratégias adequadas de resolução, indicando que o tipo de representação adotada não foi um fator determinante de dificuldade nesta situação específica. Isso pode estar relacionado ao caráter direto do enunciado e à familiaridade dos estudantes com a operação de multiplicação em problemas proporcionais.

Os números envolvidos no enunciado — com valores múltiplos de 200 e 600 — favoreceram os cálculos e isso pode ter contribuído para o desempenho satisfatório. A manipulação de números decimais também foi bem conduzida pela maioria, o que sugere que, nesse caso, os dados numéricos não representaram um obstáculo.

As estratégias utilizadas se concentraram, principalmente, no uso da Regra de Três, evidenciando um padrão comum entre os estudantes para esse tipo de situação. Essa estratégia foi majoritariamente adequada, especialmente quando os dados foram corretamente organizados e a proporção foi corretamente estabelecida. Entretanto, a pesquisa também evidenciou que a aplicação mecânica da Regra de Três, sem compreensão conceitual, ainda é frequente, como apontado por Gitirana *et al.* (2014). Isso se manifesta, especialmente, nos estudantes que erraram ao usar a fórmula química sem compreender a necessidade de calcular a concentração antes de substituir os valores.

Foram identificados diferentes teoremas em ação: os estudantes que usaram corretamente a fórmula química manifestaram o TAV1, os que utilizaram a Regra de Três manifestaram o TAV5, indicando compreensão da proporcionalidade em um contexto real. Por outro lado, aqueles que tentaram usar a fórmula química sem realizar as etapas intermediárias de cálculo revelaram esquemas incompletos ou incorretos, manifestando TAF1, o que evidenciou dificuldades conceituais, especialmente na transição entre a língua numérica e o raciocínio proporcional.

Esses resultados indicam que, mesmo dentro da mesma classe de Proporção Simples, a subclasse Quarta Proporcional demanda atenção específica, pois envolve o reconhecimento da proporcionalidade entre quatro valores e o domínio da operação inversa para encontrar o valor

desconhecido. Como destaca Bernardino (2022) as dificuldades não se limitam à operação matemática, mas também às múltiplas formas de representação e resolução.

Do ponto de vista didático, destaca-se a importância de promover abordagens que valorizem o significado da proporcionalidade e da Regra de Três, evitando sua aplicação como uma mera técnica automatizada. O professor deve estar atento às diferentes estratégias utilizadas pelos estudantes, orientando-os a compreender não apenas como resolver, mas por que aquele procedimento é válido.

Portanto, recomenda-se que situações do tipo Quarta Proporcional sejam exploradas com diferentes recursos didáticos e contextos variados, incluindo a construção de proporções com apoio visual, uso de língua numérica e discussão coletiva das estratégias utilizadas. Esse processo pode favorecer uma aprendizagem mais significativa e crítica, contribuindo para a superação dos erros sistemáticos e o desenvolvimento do pensamento proporcional.

No caso da S8, trata-se da relação entre volume de água do mar e massa de sal obtida a partir de um gráfico como apoio visual. Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que o apoio visual – o gráfico – não contribuiu efetivamente para a resolução adequada da situação. Dos 12 estudantes, apenas 4 apresentaram resoluções corretas. Isso indica que, embora o gráfico pudesse servir como ferramenta facilitadora, não cumpriu esse papel na prática. Ao contrário, a presença do gráfico não garantiu a extração correta da razão proporcional, o que pode ser atribuído à falta de familiaridade dos estudantes com esse tipo de representação e à complexidade da situação, que exigia duas etapas de raciocínio matemático para sua resolução.

Outro fator que dificultou a resolução foi o tipo de números envolvidos. Os valores apresentados (como 20 L, 0,5 kg e 10.000 L) exigem o domínio de grandes proporções e escalas, além de cálculos mais extensos. Para muitos estudantes, esse contexto numérico representou um desafio adicional, principalmente ao tentar resolver com a fórmula da concentração ($C = m/V$) ou estabelecer a proporção correta entre os dados fornecidos.

As estratégias de resolução utilizadas na S8 são semelhantes às da S7, principalmente entre aqueles que obtiveram êxito. O uso da Regra de Três e da fórmula química em duas etapas foi comum entre as duas situações. No entanto, na S8, observou-se um número maior de erros de substituição, interpretação gráfica e cálculo, revelando que a presença do apoio visual e a escala numérica mais ampla revelam-se como situações novas aos estudantes, que não tinham esquemas prévios prontos para a situação proposta. Além disso, alguns estudantes apagaram ou não concluíram os cálculos, o que pode indicar insegurança diante da complexidade da situação, reafirmando que se trata de uma situação nova com a qual os estudantes não estão familiarizados.

O fato de necessitar dessas duas etapas para a resolução das situações S7 e S8 pode ter dificultado as formulações de estratégias de resolução e, também, por ser a mais complexa das subclasses a serem resolvidas pelos estudantes como indicado por Gitirana *et al* (2014).

Observa-se que os estudantes apresentaram mais dificuldades para estabelecer as relações lógicas presentes no enunciado de S7 e S8 do que nas outras subclasses, o que confirma os resultados apresentados na pesquisa de Gitirana *et al.* (2014) e de Rodrigues (2021), salientando a importância de trabalhar com as diferentes subclasses de situações-problema da classe Proporção Simples e não priorizar somente uma subclasse, pois ao resolverem todas as situações-problema, com a experiência, e a maturidade, os conceitos vão sendo desenvolvidos pelos estudantes ao longo do tempo.

Nas análises de S7 e S8 inferiu-se que os estudantes reconheceram os conceitos químicos de CCS, mas não tiveram bom desempenho com os esquemas e cálculos matemáticos da multiplicação e divisão.

Diante dessas observações, é possível destacar importantes considerações didáticas sobre a subclasse Quarta Proporcional. Esta subclasse se mostrou a mais complexa entre as da classe de Proporção Simples, exigindo múltiplos passos e o domínio de diferentes representações. Assim, é fundamental que o professor promova atividades que integrem a leitura de representações visuais, o uso consciente da Regra de Três e a compreensão algébrica dos conceitos de proporcionalidade. Além disso, é importante evitar o uso mecânico de algoritmos e fórmulas, estimulando a construção de sentido e o raciocínio proporcional, variando as diferentes subclasses de problemas propostos aos estudantes, pois dependendo da classe/subclasse a resolução e a interpretação dos problemas apresentam níveis de complexidade distintos.

Conforme apontado por Gitirana *et al.* (2014) e Rodrigues (2021), a prática com diferentes subclasses de problemas proporcionais, incluindo a Quarta Proporcional, é essencial para que os estudantes desenvolvam, gradualmente, as competências necessárias para lidar com essas situações. O trabalho contínuo com diferentes contextos, representações e números favorece a maturação do pensamento matemático e a articulação entre os conhecimentos disciplinares envolvidos.

No Quadro 39 será apresentada uma síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 7 e 8.

Quadro 39 – Síntese dos conceitos e representações manifestados pelos estudantes nas situações 7 e 8

	Situação-Problema 7	Situação-Problema 8
Conceitos e ideias Matemáticas	-Proporcionalidade; -Multiplicação; -Divisão; - Regra de Três; -Números Naturais.	-Proporcionalidade; -Multiplicação; -Divisão; -Regra de Três. -Números Naturais.
Representações Utilizadas	- Língua natural; - Representação Numérica.	-Representação Algébrica; -Representação Numérica; - Língua Natural; - Gráfica.
Teoremas em Ação	-TAV1: Se $C = m/V$, então $m=C \cdot V$; -TAF1: Se $m = C \cdot V$, então $m = \frac{C}{V}$; -TAV5: Sejam m_1 e m_2 proporcionais; V_1 e V_2 proporcionais, então: $m_1 \cdot V_1 = m_2 \cdot V_2$	-TAV1: Se $C = m/V$, então $m=C \cdot V$; -TAF1: Se $m = C \cdot V$, então $m = \frac{C}{V}$; -TAV5: Sejam m_1 e m_2 proporcionais; V_1 e V_2 proporcionais, então: $m_1 \cdot V_1 = m_2 \cdot V_2$.
Outros erros	-Uso inadequado da fórmula química; -Uso da fórmula química incompleta; -Inversão da operação para resolução correta; - Uso da multiplicação incorreta; - Uso da divisão incorreta.	-Uso inadequado da fórmula química; -Uso da fórmula química incompleta; -Inversão da operação para resolução correta; - Uso da multiplicação incorreta; - Uso da divisão incorreta.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O Quadro 39 explicita que, apesar de S7 e S8 pertencerem à mesma subclasse, as variáveis didáticas – gráfico e números– interferiram nos esquemas dos estudantes, indicando que os estudantes não estão familiarizados com cálculos e interpretações de gráficos, e ocasionando uma maior quantidade de erros pelos estudantes. A mudança de subclasse também aumentou as dificuldades de resolução na S6, aumentando o número de respostas inadequadas e as variações das estratégias que os estudantes acionaram para tentar resolvê-la.

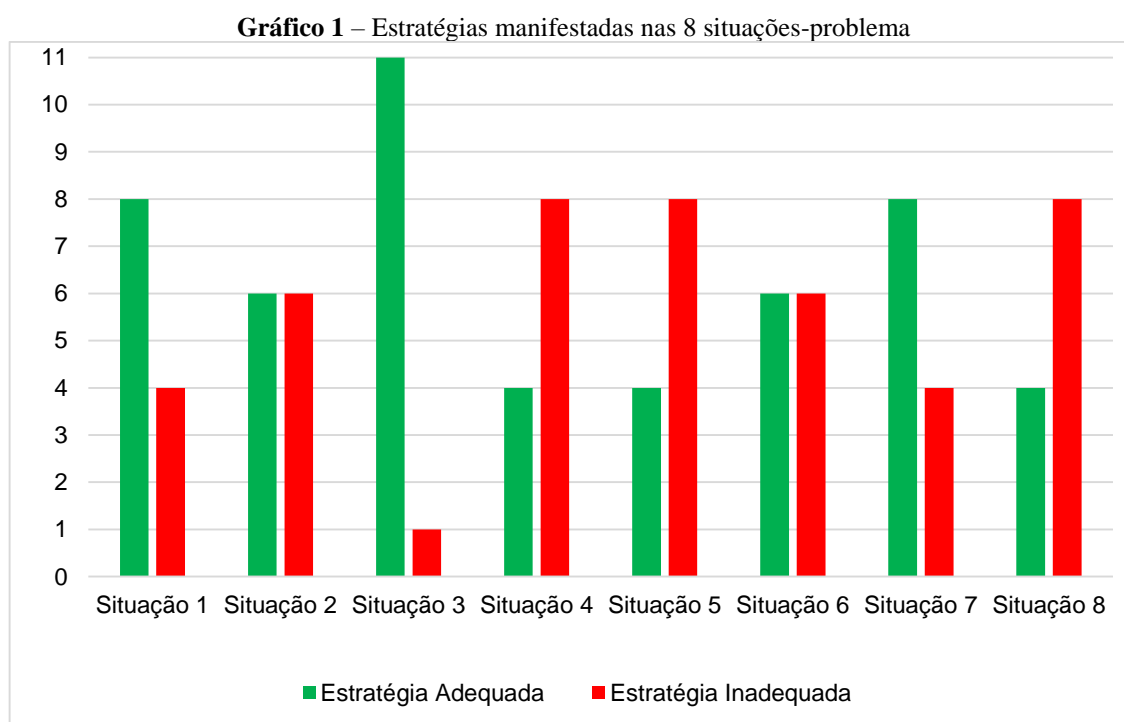
As subclasses Multiplicação Um Para Muitos (S1 e S2) e Quarta Proporcional (S7 e S8), compartilham importantes semelhanças conceituais e estruturais no que diz respeito às relações matemáticas envolvidas. Ambas tratam de relações entre grandezas diretamente proporcionais

e a multiplicação é a principal operação em ambas, utilizada para encontrar a incógnita (massa) a partir dos valores conhecidos.

Em termos de teoremas em ação, conforme proposto por Vergnaud (1983, 1996, 2017), as duas subclasses tiveram o TAV1 e o TAF1 manifestados pelos estudantes.

Portanto, embora apresentem diferenças na forma de enunciado e na estrutura dos dados fornecidos, as subclasses Multiplicação Um Para Muitos e Quarta Proporcional têm a proporcionalidade direta no uso da multiplicação como operação fundamental e na mobilização de representações e raciocínios semelhantes para a resolução das situações-problema. Apesar dessas semelhanças entre as duas subclasses, os estudantes manifestaram diversas estratégias no intuito de resolvê-las, conforme apresentado nos Quadros 23 e 37, em que estão explícitas as diferenças de estratégias de ambas as subclasses. Nas situações S1 e S2 prevaleceu a fórmula química como estratégia de resolução, enquanto nas situações S7 e S8 os estudantes manifestaram estratégias diversificadas para tentar resolvê-las.

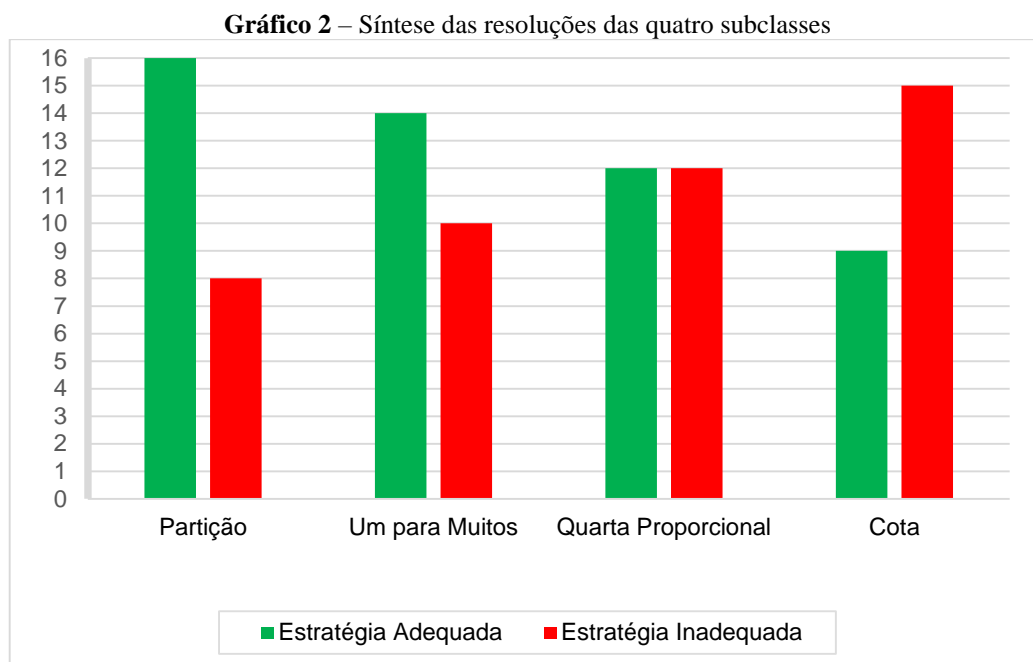
No gráfico 1 será apresentada uma síntese das estratégias manifestadas em todas as situações-problema.



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O Gráfico 1 apresenta uma síntese das estratégias manifestadas pelos estudantes na resolução de todas as situações-problema propostas considerando-se as resoluções adequadas e inadequadas.

No gráfico 2 é apresentada a síntese das resoluções das situações-problema conforme a subclasse a qual pertencem.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nesse gráfico é apresentada uma síntese das resoluções manifestadas conforme as quatro subclasses da Proporção Simples, da qual as oito situações-problema fazem parte.

A seguir é apresentado um panorama geral dos esquemas manifestados pelos estudantes relativo às 8 situações-problema.

4.2.5 Panorama geral dos esquemas dos estudantes relativo às oito situações-problema

Nos Quadros 40, 41 e 42 será apresentada uma análise geral considerando-se as resoluções dos estudantes em todas as situações-problema. Nestes quadros foram organizadas as informações referentes ao tipo de resoluções manifestadas pelos participantes, considerando-se resoluções adequadas e inadequadas, utilizando-se: i) a fórmula química, ii) Regra de Três, iii) outros esquemas.

O Quadro 40 apresenta as estratégias manifestadas pelos estudantes para a resolução das situações-problema com o uso da fórmula química.

Quadro 40 – Estratégias manifestadas com o uso da Fórmula Química para a resolução das situações-problema

Situação-Problema	Fórmula Química- Estratégia Adequada	Fórmula Química- Estratégia Inadequada
S1	E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E12.	E1, E4, E10, E11.
S2	E2, E7, E9, E12.	E1, E3, E6, E11.
S3	E2, E3, E5, E6, E7, E8, E9, E10, E11, E12.	E1.
S4	E2, E7, E12.	E1, E3, E6, E9, E11.
S5	E5, E7, E11, E12.	E1, E2, E3, E4, E6, E8, E9, E10.
S6	-	E1, E2, E11.
S7	E6.	E1, E11.
S8	-	E1, E2, E6, E11.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A estratégia de resolução com o uso da fórmula química para a resolução das situações-problema, conforme apresentado no Quadro 40, foi a estratégia de resolução mais adotada pelos estudantes: dos 61 protocolos de resolução apresentados 30 protocolos apresentaram estratégia de resolução adequada para as situações S1, S2, S3, S4, S5 e S7.

Chama atenção o fato de que a situação S5 apresentou 8 estudantes que utilizaram a fórmula química, mas não tiveram sucesso na resolução. Isso se deve ao fato de utilizarem-na sem compreender os significados das grandezas envolvidas (concentração, massa e volume), o que fez com que eles fizessem a substituição incorreta dos valores na fórmula, fizessem o uso inadequado das operações e a manipulação de dados não fornecidos, como por exemplo, a conversão de unidades de medidas sem serem solicitadas no enunciado.

Os dados fornecidos em números decimais (como 2,5 g/mL) também apresentaram um desafio significativo, pois, muitos estudantes demonstraram dificuldades na operacionalização matemática, especialmente ao confundirem multiplicação com divisão, o que aponta que o conjunto numérico dificultou a resolução da situação-problema.

Outro dado que chama atenção é o fato que somente as situações S6 e S8 não apresentaram resoluções adequadas manifestadas por essa estratégia, os estudantes que tentaram resolvê-la dessa maneira não souberam como utilizar os dados do enunciado para substituir na fórmula química. Isso pode ter ocorrido devido a essas duas situações-problema possuírem etapas intermediárias para a resolução utilizando-se essa forma. Observou-se que 31 protocolos apresentaram estratégia de resolução inadequada para as situações mencionadas.

Na análise *a priori* foi previsto que os sujeitos manifestariam essa escolha de resolução pela fórmula química, posto que a fórmula é a representação dos dados fornecidos no enunciado

para encontrar o que é pedido e foi apresentada durante o aprendizado desse conteúdo de CCS na 2ª série do Ensino Médio.

Também foi previsto que os estudantes apresentariam erros, pois, além de identificar o que é pedido para determinar na situação dada, como concentração, massa ou volume, deveriam rearranjar a fórmula para que a resposta fosse obtida adequadamente de acordo com a incógnita que se busca. Esse rearranjo consiste na reorganização da fórmula química, como por exemplo, ao buscar a massa, utilizar-se a fórmula da CCS, cuja organização é dada por $C = \frac{m}{V}$, para isolar o m e encontrar o valor da massa obtendo $m = C \times V$. Assim, o estudante manifestaria seus conhecimentos matemáticos com a reorganização da fórmula para encontrar o que se busca.

O Quadro 41 apresenta as estratégias manifestadas para a resolução das situações-problema com o uso da Regra de Três.

Quadro 41 – Estratégias manifestadas com o uso da Regra de Três para a resolução das situações-problema

Situação-Problema	Regra de Três- Estratégia Adequada	Regra de Três - Estratégia Inadequada
S2	E5.	E4.
S4	-	E4, E10.
S6	E3, E5, E12.	-
S7	E2, E5, E8, E9, E10, E12.	E3, E4.
S8	E5, E9, E12.	E3, E4, E8.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A estratégia de resolução com o uso da Regra de Três para a resolução de algumas situações-problema, conforme Quadro 41, foi a segunda estratégia mais adotada pelos estudantes. Essa estratégia foi manifestada nas resoluções da S2, S4, S6, S7 e S8:13 protocolos apresentaram estratégia de resolução adequada e 8 protocolos apresentaram estratégia de resolução inadequada, pois os estudantes apresentaram o esquema da Regra de Três corretamente, mas não souberam finalizar as operações, seja nos cálculos matemáticos da multiplicação, seja na divisão.

Na análise *a priori* essas estratégias foram previstas e a maior parte dos erros observados está ligada à escolha inadequada da operação matemática e ao uso incorreto de algoritmos, tanto para a divisão quanto para multiplicação, porém, o uso do algoritmo da adição não estava previsto *a priori*, como E4 e E5 apresentaram em suas estratégias de resolução para S2.

O Quadro 42 apresenta as estratégias manifestadas para a resolução das situações-problema com o uso de outros esquemas.

Quadro 42 – Estratégias manifestadas com o uso de outros esquemas para a resolução das situações-problema

Situação-Problema	Outros esquemas- Estratégia Adequada	Outros esquemas - Estratégia Inadequada
S2	E8	E10
S3	E4	-
S4	E5	E8
S6	E8, E9, E10	E4, E6, E7
S7	E7	-
S8	E7	E10

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No Quadro 42 é apresentado o quantitativo de outros esquemas manifestados pelos estudantes, ou seja, esquemas que não se caracterizaram nem pelo uso da fórmula química, nem pelo uso da Regra de Três na tentativa de resolução de algumas situações-problema. Para essas situações-problema, S2, S3, S4, S6, S7 e S8, foram apresentados 8 protocolos com estratégia de resolução adequada e 6 protocolos com estratégia de resolução inadequada. As estratégias foram consideradas diversificadas e estarão explicitadas no decorrer das análises.

Foi previsto na análise *a priori* que os estudantes apresentariam estratégias utilizando somente cálculos matemáticos como os algoritmos da multiplicação e divisão na tentativa de resolução, pois, além de identificar o que é pedido para encontrar, como concentração, massa ou volume, deveriam reorganizar a fórmula isolando a incógnita para que a resposta fosse obtida adequadamente, manifestando assim seus conhecimentos matemáticos. Porém, não estavam previstas as tentativas de resolução como E5 apresentou para S4, E8 e E10 apresentaram para S6, que foi a resposta adequada, apenas por extenso, sem qualquer representação de esquema ou cálculo matemático para encontrar o resultado. E4 fez o mesmo para S6, porém, respondeu de forma inadequada. E7 tentou resolver as situações S7 e S8 utilizando algumas representações numéricas que, por dedução, as respondeu adequadamente, mas essa sua estratégia não foi adequada para a S6 em que escolhe o ponto no gráfico e o multiplica por 10 como fez na S8, porém, a massa era de 200 e não 250 como respondeu. A seguir serão apresentadas as considerações finais a respeito dos resultados desta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver esta pesquisa, buscava-se responder à questão: *Que conhecimentos matemáticos são manifestados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes situações-problema de Química relacionadas à Concentração Comum de Soluções?*

Assim, formulou-se o seguinte objetivo geral: Identificar conhecimentos matemáticos mobilizados por estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem diferentes subclasses da Proporção Simples com situações-problema de Concentração Comum de Soluções (CCS) em Química. Para tal, alguns objetivos específicos foram estabelecidos: investigar conceitos matemáticos e representações simbólicas manifestados nas resoluções dos estudantes ao resolverem situações-problema de Química que contemplam as diferentes subclasses do tipo Proporção Simples; e identificar teoremas em ação mobilizados pelos estudantes em suas resoluções. Assim, foram analisados os esquemas apresentados pelos estudantes ao resolverem as situações-problema propostas, baseadas na Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1983, 1993, 1996a, 2009a).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados diversos estudos teóricos que forneceram base para o delineamento da investigação; organizou-se um protocolo de pesquisa contendo 8 situações-problema de CCS, com estruturas diversificadas, considerando-se as subclasses de Proporção Simples, com base nos estudos de Vergnaud (1993) e Cieslak (2021). Foram implementados o estudo piloto e o estudo principal com estudantes da 3ª série do Ensino Médio, visto que, nessa série, já haviam estudado sobre o referido conceito.

Para a análise dos dados obtidos no estudo principal foram considerados todos os registros escritos produzidos pelos 12 estudantes.

Com a realização das análises das resoluções dos estudantes, a TCC ofereceu subsídios para compreender os esquemas manifestados por eles para a resolução das 8 situações-problema, oportunizando revelar possíveis conhecimentos implícitos na forma de teoremas em ação. O que se pôde inferir é que a maioria dos estudantes reconheceu os conceitos químicos de CCS e os conceitos matemáticos envolvidos nas situações-problema implementadas, manifestados nos esquemas pelos cálculos utilizando a fórmula química, apresentando os algoritmos de multiplicação ou divisão, e manifestando, de modo implícito, a ideia de proporcionalidade.

Dos 96 protocolos de resolução analisados, 51 apresentaram respostas adequadas e 45 respostas inadequadas.

Foram identificados 61 protocolos de resolução envolvendo a fórmula química como estratégia de resolução, sendo 30 estratégias adequadas e 31 estratégias inadequadas; 21 protocolos envolvendo a Regra de Três como estratégia de resolução, sendo 13 estratégias adequadas e 8 estratégias inadequadas; 14 protocolos apresentando outros esquemas como estratégia de resolução, sendo 8 estratégias adequadas e 6 estratégias inadequadas.

Em relação à situação-problema 1 (S1), pertencente à classe Proporção Simples (Multiplicação Um para Muitos) foi observado que todos os estudantes utilizaram a fórmula química como estratégia de resolução, 8 estudantes manifestaram estratégias adequadas e 4 manifestaram estratégias inadequadas de resolução. Os estudantes estabeleceram a relação de proporcionalidade da S1 de forma adequada, manifestada com os algoritmos de multiplicação, divisão, bem como por cálculo mental, apesar de apresentarem alguns resultados incorretos e inverter a operação necessária para a resolução esperada.

Na situação-problema 2 (S2), também pertencente à classe Proporção Simples (Multiplicação Um Para Muitos) mas com uma tabela como apoio visual, ainda foi apresentada a fórmula química como a maior ocorrência de estratégia de resolução: 5 estudantes apresentaram a estratégias adequadas e 4 manifestaram estratégias inadequadas de resolução com o uso da fórmula química. Foi possível observar outras estratégias de resolução: uso da Regra de Três (com uma estratégia adequada e uma estratégia inadequada) e uso do algoritmo da multiplicação inadequada, pois o resultado apresentado estava incorreto. Na situação S2, a adição como estratégia de resolução para encontrar o valor da massa de sódio foi apresentada por 2 estudantes.

Assim como Rodrigues (2021) concluiu em sua pesquisa, é possível inferir que, para uma mesma subclasse de situações-problema, neste caso sendo a Proporção Simples (Multiplicação Um Para Muitos), os estudantes mobilizaram diferentes esquemas e maneiras de representá-los, que foram expressas pela fórmula química, pelas representações numéricas (algoritmos) ou manifestadas implicitamente em seus resultados, explicitando a relação de proporcionalidade a partir da Multiplicação Um Para Muitos e da modelação do TAV1 e TAV2. Também se modelou o TAF1 quando adotaram a divisão para encontrar o resultado ao invés da operação de multiplicação, invertendo a operação necessária para a resolução prevista na análise *a priori*.

Para situação-problema 3 (S3), pertencente à classe Proporção Simples (Partição) foi observado que a maioria dos estudantes utilizou a fórmula química como estratégia de resolução, sendo que 10 estudantes manifestaram estratégias adequadas e apenas um manifestou estratégia inadequada de resolução. Identificou-se que os estudantes mobilizaram

esquemas que foram expressos pela fórmula química modelando TAV3, pelas representações numéricas (algoritmos da divisão), explicitando a relação de proporcionalidade a partir da partição. Também se modelou o TAF2, a partir do cálculo inadequado da concentração comum (C) utilizando a fórmula química, o estudante não substituiu os valores corretamente na fórmula e não realizou operações necessárias para a resolução, como previsto na análise *a priori*. A S3 destacou a importância de um enunciado claro, de dados acessíveis e da familiaridade dos estudantes com a estrutura proporcional. A resolução correta por parte da maioria dos estudantes mostra que, quando os obstáculos operacionais e interpretativos são minimizados, conseguem mobilizar conhecimentos químicos e matemáticos de forma integrada e eficiente. Esse resultado reforça a relevância de estratégias didáticas que consolidem a compreensão das relações entre grandezas e o uso de fórmulas no ensino da matemática em contextos aplicados.

A situação-problema 4 (S4), também pertencente à classe Proporção Simples (Partição) mas com uma tabela como apoio visual e representada em números decimais, apresentou uma maior diversidade de estratégias de resolução: um estudante apresentou resolução adequada e 7 estudantes apresentaram estratégias inadequadas de resolução com o uso da fórmula química. Além do uso da fórmula química foi possível observar outras estratégias de resolução: 2 estratégias inadequadas utilizando a Regra de Três como estratégia de resolução e uma estratégia de resolução utilizando o algoritmo da multiplicação de maneira inadequada. Ainda, uma resposta com cálculo matemático implícito de maneira adequada.

A maioria dos estudantes conseguiu operar corretamente com números inteiros e expressar o raciocínio proporcional de forma adequada, revelando o TAV3. Na S4, embora alguns estudantes tenham também manifestado TAV3, o TAF2 também foi manifestado, pois os estudantes apresentaram dificuldades, tanto na compreensão conceitual da proporcionalidade quanto na substituição adequada de dados.

Em relação à situação-problema 5 (S5), pertencente à classe Proporção Simples (Cota), foi observado que todos os estudantes utilizaram a fórmula química como estratégia de resolução: 4 estudantes manifestaram estratégias adequadas e 8 manifestaram estratégias inadequadas de resolução.

Na análise das resoluções observou-se que os estudantes empregaram a fórmula química como principal esquema de resolução. A complexidade do cálculo do volume reside na necessidade de articular conceitos matemáticos fundamentais (como divisão e proporção) com conceitos químicos específicos (relação entre massa e concentração da solução). Os resultados obtidos na S5 evidenciam a complexidade do processo de resolução para os estudantes que, frequentemente, recorrem a estratégias de tentativa e erro, incluindo a utilização de valores não

presentes no enunciado (Vargas, 2023). A presença de números decimais nos dados da situação-problema pode ter representado uma dificuldade adicional na execução das operações de divisão.

O TAV4 foi manifestado e modelado a partir de uma proporcionalidade inversa com o uso da fórmula química para encontrar o volume da solução. O TAF3 foi apresentado por falhas na identificação do operador inverso necessário para resolver a situação-problema.

Na situação-problema 6 (S6), também pertencente à classe Proporção Simples (Cota) mas com um gráfico como apoio visual, houve maior diversidade de estratégias de resolução: 3 estudantes apresentaram estratégias inadequadas de resolução com o uso da fórmula química, 3 estratégias adequadas utilizando a Regra de Três como estratégia de resolução, 3 estratégias com outros esquemas adequados e 3 estratégias com outros esquemas inadequados.

Para a situação-problema 7 (S7), pertencente à classe Proporção Simples (Quarta Proporcional), foi observado que um estudante utilizou a fórmula química como estratégia de resolução adequada, 2 estudantes utilizaram a fórmula química e manifestaram estratégias inadequadas de resolução, 5 estudantes manifestaram estratégias adequadas de resolução por meio da Regra de Três, 2 estudantes manifestaram estratégias inadequadas de resolução por meio da Regra de Três e 2 estudantes manifestaram estratégias adequadas de resolução por meio de outros esquemas.

O TAV1 foi manifestado novamente com o uso da fórmula química e o TAV5 foi manifestado e modelado com um esquema de Regra de Três para encontrar a massa presente na solução.

Na situação-problema 8 (S8), também pertencente à classe Proporção Simples (Quarta Proporcional) mas com um gráfico como apoio visual, houve maior diversidade de estratégias de resolução: 4 estudantes apresentaram estratégias inadequadas de resolução com o uso da fórmula química, 2 estratégias adequadas utilizando a Regra de Três como estratégia de resolução, 4 estratégias inadequadas utilizando a Regra de Três como estratégia de resolução e 2 estudantes manifestaram estratégias adequadas de resolução por meio de outros esquemas.

O TAV5 também foi manifestado e modelado com um esquema de Regra de Três para encontrar o volume da solução. O TAF1 foi apresentado por falhas nos cálculos necessários para resolver a situação-problema. Na análise das resoluções, observou-se que a maioria dos estudantes empregou a Regra de Três como principal esquema de resolução.

Nesta pesquisa, as subclasses da classe Proporção Simples foram variadas. As análises mostraram que, conforme havia variedade nas subclasses, os estudantes apresentaram maiores dificuldades em determinada subclasse do que em outras; ou seja, certas subclasses de situações

são mais complexas para os estudantes como Bernardino (2022) também inferiu em sua pesquisa.

Identificou-se, ainda, que dentre as 4 variações contempladas a Proporção Simples (Cota), aplicada às situações problema S5 e S6, foi a subclasse na qual os estudantes manifestaram maior dificuldade e maior número de estratégias inadequadas (14). Nessa subclasse, o valor unitário é dado e busca-se pelo número de unidades correspondentes a uma grandeza de outra espécie dada.

A segunda subclasse, que se revelou complexa, foi a Proporção Simples (Quarta Proporcional), aplicada às situações S7 e S8. Nessa variação apresentada o valor correspondente à unidade não é dado e nem solicitado. Foram identificadas 12 estratégias inadequadas de resolução.

A terceira classe complexa foi a Proporção Simples (Multiplicação Um Para Muitos) em que se associa a unidade de uma grandeza com muitas quantidades de outra grandeza. Foram apresentadas 10 estratégias inadequadas de resolução.

A quarta classe complexa foi a Proporção Simples (Partição) constituindo a subclasse mais simples de ser resolvida pelos sujeitos da pesquisa. Nessa variação apresentada o valor de muitos é dado, o elo correspondência entre duas grandezas de natureza diferente é apresentado e deseja-se descobrir o valor unitário. Foram observadas 9 estratégias inadequadas confirmando que a subclasse constituiu a mais simples das 4 analisadas.

A partir dos esquemas manifestados pelos estudantes para resolução dessas situações-problema das diferentes subclasses da Proporção Simples, identificou-se os possíveis invariantes operatórios, explícitos e implícitos, que foram modelados na forma de teoremas em ação.

Nos esquemas manifestados pelos estudantes foram identificados 4 teoremas em ação verdadeiros e 3 teoremas em ação falsos. O mesmo teorema em ação foi manifestado em diferentes situações-problema e a maioria dos indícios de teoremas em ação mobilizados pelos estudantes foi por meio da fórmula química. A Regra de Três também foi utilizada para manifestar os teoremas em ação. Segundo Gitirana *et al.* (2014), o estudante mobiliza um teorema em ação ao resolver as situações-problema usando a propriedade isomórfica da função linear, mesmo que não a conheça do ponto de vista matemático.

Observou-se que as mobilizações desses teoremas em ação variaram de acordo com a subclasse de cada situação-problema e com o esquema utilizado pelo estudante para tentar resolver a situação-problema.

As análises das situações-problema S1 e S5 revelaram que o uso da fórmula química foi a única estratégia de resolução manifestada em seus esquemas de resolução. Nas demais situações, as estratégias manifestadas foram variadas de acordo com a classificação realizada, sendo manifestadas por Regra de Três simples, manifestadas pelas propriedades das relações da proporcionalidade, por meio de multiplicação e manifestadas por um cálculo qualquer explícito e implícito apenas apresentando uma resposta final numérica ou por extenso.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi possível constatar que as 4 subclasses da Proporção Simples, conforme delineadas por Gérard Vergnaud no âmbito do Campo Conceitual Multiplicativo, não foram mobilizadas da mesma forma pelos estudantes da 3ª série do Ensino Médio ao resolverem situações-problema de Proporção Simples, relacionadas à CCS de Química.

Observou-se que as situações envolvendo as subclasses de Partição e Multiplicação Um Para Muitos foram aquelas em que os estudantes obtiveram maior êxito na tentativa de resolução, evidenciando familiaridade com essas estruturas multiplicativas. Tal desempenho pode estar relacionado tanto à frequência com que essas estruturas são trabalhadas nas práticas escolares quanto ao seu menor grau de complexidade cognitiva. Com nas análises que Cieslak (2021) mostrou em sua pesquisa, a subclasse Partição foi a que mais apareceu nos livros didáticos e funciona como a porta de entrada para a formalização do conceito de divisão (Gitirana *et al.*, 2014).

Em contraste, as situações-problema referentes às subclasses Quarta Proporcional e Cota revelaram-se mais desafiadoras para a mobilização de resolução pelos estudantes. Apresentaram um número significativo de erros e uso de procedimentos matemáticos inadequados, o que indica lacunas no domínio conceitual e dificuldades em operar com diferentes grandezas.

Cieslak (2021) também constatou que das 41 situações-problema presentes nos livros didáticos analisados por ela, 32 apresentaram os enunciados em língua natural, sendo raras as ocorrências de apoios visuais como imagens, gráficos e tabelas. Em termos de conjunto numérico, os números decimais predominaram (26), seguidos pelos números naturais e situações que requerem a conversão de unidades (21). Isso também evidencia a dificuldade que os estudantes apresentaram em tentar resolver as situações que continham apoio visual. O uso de tabelas e o uso de números decimais também foram variáveis que dificultaram a resolução pelos estudantes, ou seja, é importante, do ponto de vista de Vergnaud (1993), que as diferentes representações simbólicas e as diferentes classes de situações-problemas sejam contempladas no decorrer da experiência escolar dos estudantes para a compreensão do conceito em questão.

A análise dos esquemas e teoremas em ação evidenciou ainda a diversidade de estratégias utilizadas pelos estudantes frente a um mesmo tipo de situação. Foram identificados, por exemplo, o uso direto da fórmula da concentração comum, a aplicação mecânica da Regra de Três, a realização de cálculos mentais e o uso de algoritmos memorizados. No entanto, a adoção de tais estratégias, muitas vezes desprovidas de compreensão conceitual mais aprofundada da CCS, não garantiu a resolução adequada das situações-problema, o que reforça a importância de compreender o que está representado nos esquemas mobilizados.

Nesse sentido, os resultados deste estudo apontam para a necessidade de diversificar as subclasses de situações-problema para proporcionar o desenvolvimento de esquemas no ensino de conteúdos que articulem Matemática e Química. Pois, as situações-problema de CCS, ao mesmo tempo em que pertencem à Química, exigem a mobilização de diversos conhecimentos matemáticos fundamentais para resolvê-las de forma adequada, como multiplicação e divisão, operações com números decimais, medidas de massa e volume, conversão de unidades, interpretação de dados como gráficos e tabelas.

Assim, as análises evidenciam que o desenvolvimento de esquemas pelos estudantes depende da diversidade de experiências proporcionadas em sala de aula e da articulação entre os conceitos de matemática e de química, que, muitas vezes, os apoios visuais estão no livro didático, mas não são abordados em aula.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, ressalta-se a importância de proporcionar aos estudantes uma variedade de situações-problema de CCS que contemplem todas as subclasses da Proporção Simples no contexto escolar. A análise evidenciou que a recorrência de dificuldades, especialmente diante de situações do tipo Cota (S5 E S6) e Quarta Proporcional (S7 E S8), indica que muitos estudantes não estão familiarizados com as configurações desses esquemas e com a interpretação de gráficos, o que compromete a mobilização de esquemas adequados para a resolução. Essa constatação reforça a necessidade de o professor diversificar os tipos de situações trabalhadas em sala de aula, tanto em termos de estrutura matemática quanto de contexto e representações de CCS. Ao ampliar a gama de experiências dos estudantes, com diferentes formas de enunciados, representações e exigências cognitivas, cria-se um ambiente mais propício ao desenvolvimento de esquemas adequados de resolução, favorecendo aprendizagens significativas e interdisciplinares entre Matemática e Química.

As pesquisas de Picolli (2006) e Cieslak (2021) evidenciam que as dificuldades dos estudantes no conteúdo de CCS estão diretamente relacionadas à interpretação e à aplicação de conceitos matemáticos, tais como proporção, operações com números decimais e fracionários e conversão de unidades. Essas habilidades matemáticas são essenciais para resolver problemas

envolvendo cálculos de concentração ($C = m/V$), mas, muitas vezes, os conceitos químicos também não são dominados pelos estudantes, gerando obstáculos na aprendizagem.

Conforme Carmo (2005), a aplicação desses conhecimentos matemáticos em contextos químicos, como no cálculo de concentrações, não apenas facilita a compreensão dos fenômenos químicos como também desenvolve habilidades essenciais para situações práticas como o preparo de soluções em laboratório ou a análise de dados ambientais. Essa relação entre Matemática e Química é reforçada pelas competências da BNCC e do CBTC, que destacam a importância do raciocínio lógico-matemático na resolução de problemas químicos.

Assim, como sugestões para futuras investigações, propõe-se o desenvolvimento de propostas didáticas interdisciplinares que promovam a compreensão das estruturas multiplicativas envolvidas nos fenômenos químicos; a realização de estudos com amostras mais amplas e diversificadas, que permitam verificar a recorrência dos esquemas identificados e possíveis influências do contexto sociocultural; a incorporação de métodos qualitativos complementares, como entrevistas semiestruturadas ou protocolos de gravação do processo de resolução, com o objetivo de acessar com maior profundidade os raciocínios e decisões tomadas pelos estudantes durante a resolução das tarefas; a implementação de intervenções pedagógicas fundamentadas na TCC, que possibilitem o acompanhamento da evolução dos esquemas ao longo do processo de ensino e aprendizagem; a ampliação do escopo temático, com a análise de outros conteúdos da Química que envolvam relações proporcionais, como densidade, rendimento de reações e velocidade média, de modo a verificar se os padrões observados se repetem em outros contextos.

Dessa forma, este estudo contribui não apenas para a compreensão das dificuldades enfrentadas por estudantes do Ensino Médio no tratamento de situações-problema que envolvem proporções simples, mas também para o planejamento de práticas pedagógicas que favoreçam a mobilização consciente dos conhecimentos matemáticos em contextos interdisciplinares, alinhando-se aos princípios teóricos da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud.

REFERÊNCIAS

ALMOULOUD, S. A. Modelo de ensino/aprendizagem baseado em situações-problema: aspectos teóricos e metodológicos. **REVEMAT**, Florianópolis, v.11, n. 2, p. 109-141, 2016.

ARAUJO NETO, W., GIORDAN, M. **Campos conceituais e sua apropriação na educação em Química: o papel de Vigotski na teoria de Gérard Vergnaud**. Indivisa, Boletín De Estudios E Investigación, (Monografía VIII), 515–526. 2007.

BENJAMIM, G. O. **Análises físico-químicas de soluções aquosas: Uma abordagem experimental e interdisciplinar como ferramenta impulsionadora da aprendizagem no ensino médio**. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Fortaleza, 2019.

BERNARDINO, F. **Função afim e problemas mistos: uma investigação com estudantes do ensino médio**. 173 f, 2022. Mestrado em educação matemática Universidade Estadual Do Paraná.

BITTAR, M. **Contribuições da teoria das situações didáticas e da engenharia didática para discutir o ensino de matemática**. In: TELES, Rosinalda; MONTEIRO, Carlos; BORBA, Rute. (Org.) *Investigações em Didática da Matemática*. Recife: UFPE, 2017. p.100-131.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, Brasília, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. **Educação é a Base**. Brasília, DF, 2018.

CALADO, T. V. **Invariantes Operatórios Relacionados À Generalização: uma investigação com estudantes do 9º ano a partir de situações que envolvem função afim**. 2020. 193 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2020.

CARMO, M. P. do. **Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos a conceitos de solução e o processo de dissolução**. 2005. Dissertação (Mestrado em Modalidade Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CEDRAN, D. P. **O processo de conceitualização da estequiometria: um estudo à luz da teoria dos campos conceituais**. 2018. 389 f. Tese (Doutorado) em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Matemática, Maringá, 2018.

CIESLAK, A. M. **Problemas de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos de química: um estudo à luz da teoria dos campos conceituais**. 2021. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual do Paraná, União da Vitória, 2021.

- CISCATO, C. A. M. *et al.* **Química 2: Ensino Médio**. São Paulo: Moderna, 2016.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa e métodos qualitativos, quantitativos e mistos**; Tradução: Luciana de Oliveira Rocha. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- FALCÃO, J. T. da R. **Psicologia da Educação Matemática: uma Introdução**. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.
- ESTEVES, A. K.; SOUZA, N. M. M. **Números Decimais na Sala de Aula: os conhecimentos de um grupo de professores e a relação com sua prática pedagógica**. Revista Eletrônica de Educação, v. 6, n. 1, São Paulo, p. 188-205, 2012.
- FERREIRA, J. A. M. G. **Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções: proposta de ensino contextualizada**. 26/02/2015. 118 f. Doutorado em química. Universidade Federal de Rio Grande do Norte Natal, 2015.
- FILHO, M. A. B. **Conhecimento estereoquímico na acepção da Teoria dos Campos Conceituais'** 01/04/2010 282 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- FRANCHI, A. **Considerações sobre a teoria dos Campos Conceituais**. In. Educação Matemática: uma introdução/ Sílvia Dias de Alcântara ... et al. – São Paulo: EDUC, 1999, p. 155 – 196.
- GITIRANA, V. *et al.* **Repensando multiplicação e divisão: contribuições da teoria dos campos conceituais**. 1ed. – São Paulo, PROEM, 2014.
- HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5ª ed. Editora LTC, 2001.
- HERRON, M. **The nature of scientific inquiry**. School Review, v. 79, nº 2, 171-212, 1971.
- LISBOA, J. C. F. **Ser protagonista: Química, 2º ano do ensino médio**. 3º ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
- MAGINA, S. *et al.* **Repensando Adição e Subtração: Contribuições da Teoria dos Campos Conceituais**. 3a edição. São Paulo: Editora PROEM, 2008.
- MIRANDA, C. A. **Situações-problema que envolvem o conceito de função afim: uma análise à luz da Teoria dos Campos Conceituais**. 2019. 160f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, 2019.
- MOREIRA, M. A. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 7, nº 1, 2002.
- NIEZER, T. M., FOGGIATTO, R. M. C., FABRI, F., **Enfoque ciência tecnologia e sociedade no ensino de soluções químicas: estudo sobre o tratamento da água**. Revista Ibero-Americana de Educação. vol. 68, núm. 1, pp. 81-92. 2015.

NIEZER, T. M., FOGGIATTO, R. M. C., SAUER, E., **Ensino de soluções químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 15, Nº 3, 428-449, 2016.

NOGUEIRA, C. M. I., REZENDE, V. **A Teoria dos Campos Conceituais no ensino de números irracionais**: Implicações da Teoria Piagetiana no Ensino de Matemática. Schème. V.6, n.1, Unesp, 2014.

NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Vivá química**: Ensino médio. Vol 2. Curitiba: Positivo, 2016.

OZORES, A. L. F. **Entendendo alguns erros do Ensino Fundamental II que os alunos mantêm no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado) para o Mestrado profissional em Educação Matemática do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2016.

PICCOLI, L. A. P. **A construção de conceitos em matemática**: uma proposta usando tecnologia de informação. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS, 2006.

RODRIGUES, C. L. H. **Invariantes operatórios associados ao conceito de função mobilizados por alunos do 5º ano do ensino fundamental**. 2021. 179 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2021.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Base da Educação Infantil e do Ensino Fundamental do Território Catarinense**. Florianópolis-SC, 2019.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense. Caderno 2 - Formação Geral Básica**. Florianópolis-SC, 2021.

SANTOS, W. L. P. S.; MOL, G. S. (coord.) **Química Cidadã**: Volume 2: ensino médio, 2ª série. 3 ed. São Paulo: AJS, 2016.

SARAIVA, F. A. **Concentração de soluções no ensino médio: O uso de atividades experimentais para uma aprendizagem significativa**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, *Campus* Fortaleza, 2017.

SILVA, Rodrigo M. S. **Considerações sobre as relações conceituais entre o campo da cinética química e o campo estrutural estabelecidas por estudantes de graduação durante a resolução de tarefas**. 23/02/2017 107 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática Universidade Federal do Abc, Santo André, 2017.

SIQUEIRA, F. K. S. **Complexidade de situações mistas associadas à função afim**: uma investigação com estudantes do Ensino Médio. 2023. 231 f. Dissertação (Mestrado) do

Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática Universidade Estadual do Paraná, Campo Mourão, 2023.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**, Editora Thomson, tradução da 8ª edição, 2006.

VARGAS, F. L. S. **Ideias de função mobilizadas por estudantes do 2º ano do Ensino Fundamental em situações mistas**. 2023. 367 f. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática Universidade Estadual do Paraná, Campo Mourão, 2023.

VERGNAUD, G. **A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems**. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). Addition and subtraction. A cognitive perspective. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59.

VERGNAUD, G. **Multiplicative Structure**. In: LESH, R.; LANDAU, M. (Eds.). Acquisition of Mathematics Concepts and Processes. Academic Press Inc, 1983, p. 127-174.

VERGNAUD, G. **Conceitos e Esquemas em uma Teoria Operatória da Representação** – CNRS. Traduzido por Maria Lucia Faria Moro, com revisão de Luca Rischbieter e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês: VERGNAUD, G. Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. Psychologie Française, 30, 1985, p. 245-252. Disponível em: <https://vergnaudbrasil.com/textos/> Acesso em: 10 Ago. 2023.

VERGNAUD, G. **90 Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas. Um exemplo: as estruturas aditivas** Análise Psicológica (1986). 1 (V): 75- 90

VERGNAUD, G. **La teoría de los campos conceptuales**. CNRS y Université René Descartes. Recherches en Didáctique des Mathématiques, Vol. 10, 1990.

VERGNAUD, G. **Teoria dos campos conceituais**. In: Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio De Janeiro, 1, Rio de Janeiro, 1993. Anais. Rio de Janeiro: UFRJ Projeto Fundação, Instituto de Matemática, 1993.

VERGNAUD, G. Multiplicative Structures. In HIEBERT, H.; BEHR, M (ed.) **Research Agenda in Mathematics Education**, Number Concepts and Operations in the Middle Grades, Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum, 1994.

VERGNAUD, G. **A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos**. Revista do GEEMPA, Porto Alegre, Nº 4, pp. 9-19, 1996 a.

VERGNAUD, G. **Didáctica das Matemáticas** /Brun, J. et al. Direção: Jean Brun. Trad: Maria José Figueiredo, Lisboa: Instituto Piaget, 1996b.

VERGNAUD, G. **Construtivismo e a aprendizagem da matemática**. Tradução de Camila Rassi. Actes du Colloque Constructivismes: Usages et Perspectives em Éducation. Genève: Service de la Recherche em Education, cahier 8, 143-155, 2001. Disponível em: <https://vergnaudbrasil.com/textos/> Acesso em: 10 Ago. 2023.

VERGNAUD, G. **A gênese dos campos conceituais.** Livro de Esther Pillar Grossi (org.). Por que ainda há quem não aprende? Editora Vozes, 2003.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade:** problemas do ensino de matemática na escola elementar. Tradução: Maria Lucia Faria Moro, Curitiba: Editora da UFPR, 2009 a.

VERGNAUD, G. **O que é aprender?** In: BITTAR, M., MUNIZ, C. A. (Org). A aprendizagem matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais. Editora CRV, Curitiba, 2009 b.

VERGNAUD, G. **The Theory of Conceptual Fields.** Human Development, v. 52, p. 83-94, 2009 c. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/26764894?read-now=1&oauth_data=eyJlbWFpbCI6Imp3YXNob3ZwZXJlaXJhQGdtYWlsLmNvbSIsImloc3RpdHV0aW9uSWRzIjpbXSwicHJvdmlkZXIiOiJnb29nbGUifQ&seq=1#page_scan_tab_contents Acesso em: 20 Nov. 2024.

VERGNAUD, G. **Piaget e Vygotsky em Gérard Vergnaud, Teoria dos Campos Conceituais.** GEEMPA. 2017.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa.** 5ª ed. São Paulo (SP): Mestre Jou, 1981.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa.** 6ª ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2002.

ZANELLA, M. S., REZENDE, V. **Ideias-base de Função Mobilizadas por Estudantes dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental em Situações de Proporção Simples** Bolema (Rio Claro), v. 38, p. 1, 2024.

ZANATTA, L. F. **Formas operatória e predicativa relativas à função afim manifestadas por estudantes de licenciatura em matemática.** 2024 239 f. Mestrado em Educação Matemática. Universidade Estadual do Paraná, Campo Mourão, 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A– INSTRUMENTO DE PESQUISA DO ESTUDO PILOTO

Nome:

Um frasco de descongestionante nasal contém em sua composição cloridrato de nafazolina na concentração de 3mg/mL. Qual a massa de nafazolina num frasco que contém 15 mL?

O rótulo de água mineral representado na tabela abaixo indica a concentração dos elementos presentes em sua composição. Qual é a massa de sódio ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia?

Composição química em mg/L:

Bicarbonato	2,98	Cloreto	0,01
Sódio	0,662	Magnésio	0,033
Potássio	0,499	Sulfato	0,02
Cálcio	menor que 0,5	Nitrato	0,17

Características físico-químicas: pH a 20 °C:

Temperatura da água na fonte 22 °C
Resíduo de evaporação a 180 °C 10 mg/L

O diclofenaco é um medicamento utilizado para tratar dor e inflamação. Calcule a concentração de uma solução de medicamento com volume de 20 mL, que possui 300 mg de diclofenaco de potássio.

Foi administrado em um paciente hospitalar 1 L de soro em solução fisiológica. De acordo com os dados fornecidos na embalagem, ela contém a massa de cloreto de sódio a cada 100 mL, ou seja, 0,1 L. Qual a concentração dessa solução que o paciente tomou?

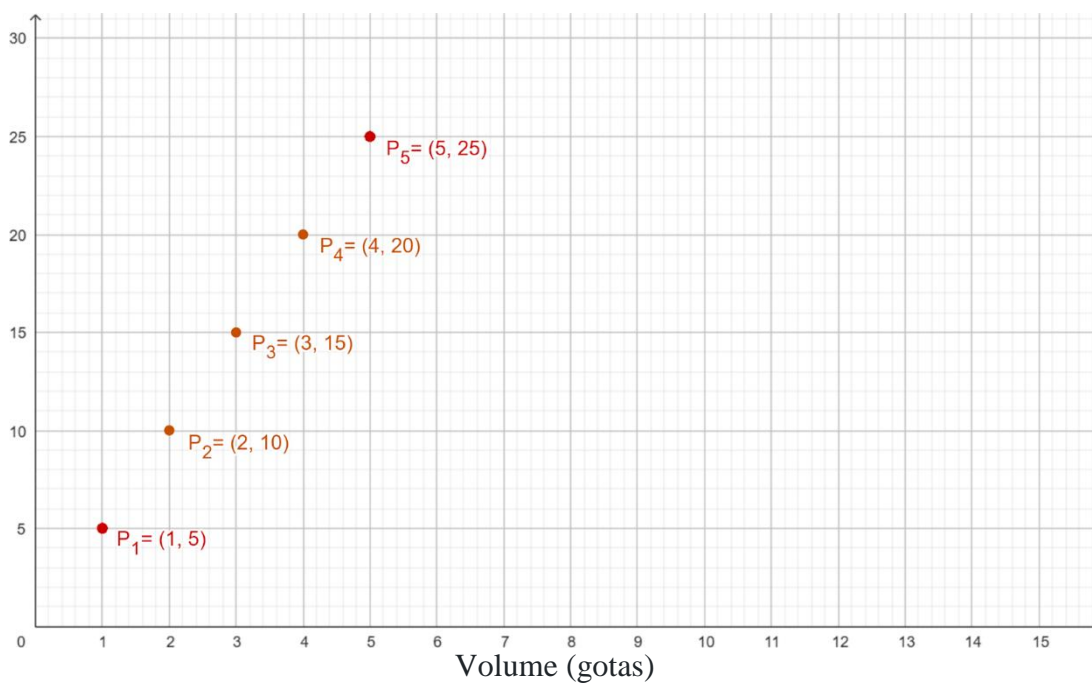
Seguem os dados da embalagem de uma solução de cloreto de sódio a 0,9%. Composição em 100 mL:

Cloreto de sódio	0,9 g
Água para injetáveis q. s. p.	100 mL
Osmolaridade	308 mOsm/L

Num frasco de solução salina há 100 g de cloreto de sódio. Calcule o volume dessa solução, sabendo que ela possui uma concentração de 2,5g/mL.

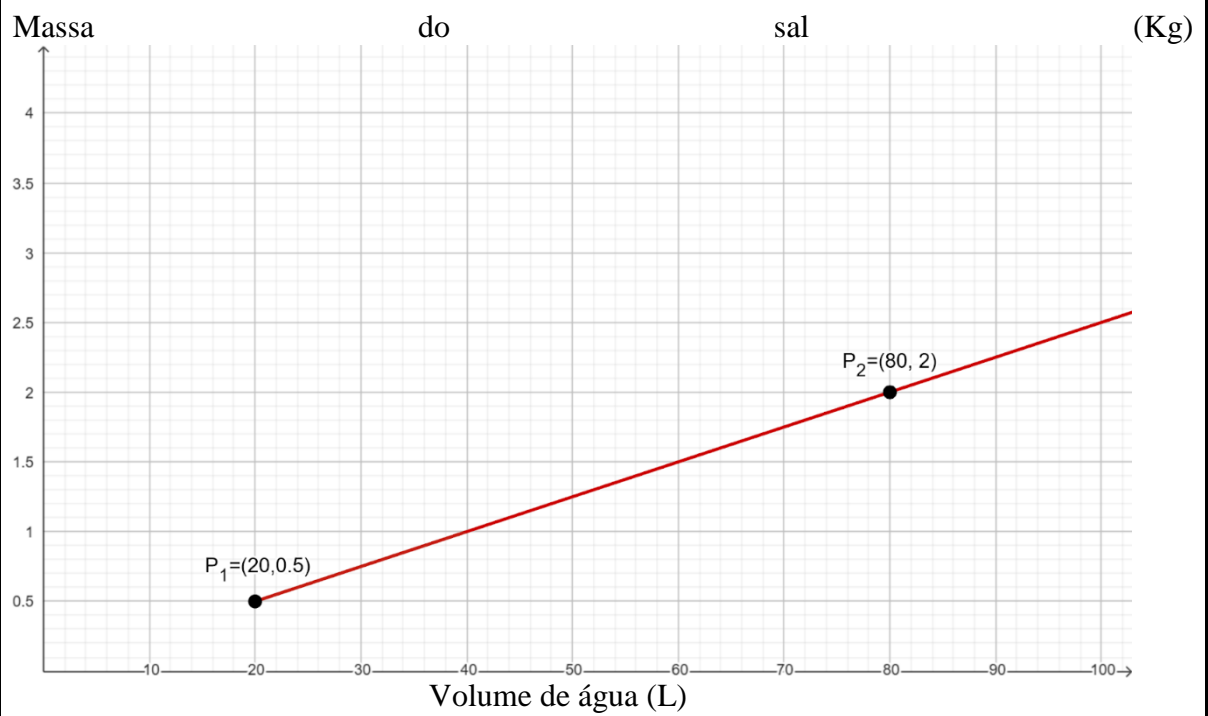
Observe o gráfico linear a seguir, que relaciona os valores correspondentes a massa (mg) e o volume (gotas) de um medicamento. Sabendo que a dosagem máxima diária não pode exceder 200 mg, quantas gotas devem ser ministradas a um paciente que precisa tomar a dosagem máxima?

Massa (mg)



O leite é um alimento rico em cálcio. Em cada 200 mL de leite ingerido consome-se 335 mg de cálcio. Determine a quantidade de cálcio em mg, ingerida, por um indivíduo que consome diariamente 600 mL de leite.

Um empreendedor obtém sal extraído da água do mar. O gráfico a seguir relaciona a quantidade de sal retirada de uma certa quantidade de água do mar. Nestas condições, se o empreendedor processar 10.000 L de água em um mês, quanto irá obter de sal (kg)?



APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Prezado(a) participante da pesquisa, _____, você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada “**CONHECIMENTOS MATEMÁTICOS MANIFESTADOS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO AO RESOLVEREM SITUAÇÕES DE CONCENTRAÇÃO COMUM DE SOLUÇÕES EM QUÍMICA**”, que faz parte do Mestrado Acadêmico em Educação Matemática da UNESPAR, sob responsabilidade da Dra. Veridiana Rezende e Dra. Marli Schmitt Zanella, da instituição Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR e da pesquisadora Juliane Washov Pereira, que terá como objetivo: Analisar os conhecimentos matemáticos de estudantes do terceiro ano do ensino médio por meio de cálculos realizados em situações-problema de Concentração Comum de Soluções em Química, à luz da Teoria dos Campos Conceituais.

O presente projeto de pesquisa foi aprovado pelo CEP UNESPAR.

DADOS DO PARECER DE APROVAÇÃO

Emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CEP UNESPAR.

Número do parecer:

Data da relatoria:

- 1. PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA:** A sua participação é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: responder o instrumento de pesquisa envolvendo cálculos realizados em situações-problema de Concentração Comum de Soluções em Química.
- 2. RISCOS E DESCONFORTOS:** Existe a possibilidade dessa pesquisa trazer riscos mínimos, como desconforto, timidez e insegurança ao responder o instrumento de coleta de dados, e o medo da quebra de sigilo. Salientamos que, em qualquer momento você poderá solicitar o encerramento dos registros e cancelar a sua participação na pesquisa, se sentir desconfortável e que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade.
- 3. BENEFÍCIOS:** Esperamos que os resultados da pesquisa realizada sirvam de respaldo para pesquisas futuras e que eles sejam considerados para as ações de professores em sala de aula. Especialmente ao considerarmos que a pesquisa possui como objetivos investigar conceitos matemáticos e representações matemáticas associados a problemas de Concentração Comum de Soluções nas resoluções feitas pelos alunos; e classificar situações-problema de Concentração Comum de Soluções de acordo com as tipologias do Campo Conceitual.
- 4. CONFIDENCIALIDADE:** Informamos ainda que suas as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Suas respostas e dados pessoais ficarão em sigilo e seu nome não aparecerá em lugar algum em nossas análises, sua identidade também será mantida em sigilo quando os resultados forem apresentados.

Além disso, os dados a serem coletados só serão utilizados para fins de publicações científicas, num período de até cinco anos, a partir do ano de 2024. Após este período os dados serão descartados.

5. ESCLARECIMENTOS: Caso você tenha mais dúvidas ou necessite esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, antes, durante e depois da sua participação, você pode entrar em contato conosco por meio dos endereços abaixo ou contatar o Comitê de Ética em Pesquisa da UNESPAR, cujo endereço consta neste documento.

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida pelas **pesquisadoras responsáveis ou a pesquisadora acadêmica**, conforme o endereço abaixo:

Nome da pesquisadora responsável: Veridiana Rezende
Endereço: Av. Curitiba, 1231, Centro, Peabiru-PR.
CEP: 87250-000
Telefone para contato: (44) 99969-4445
E-mail: rezendeveridiana@gmail.com

Nome da pesquisadora responsável: Marli Schmitt Zanella
Endereço: Avenida Reitor Zeferino Vaz S/N, Jardim Universitário, Goioerê-PR
CEP: 87360-000
Telefone para contato: (44) 99969-4983
E-mail: marlischmitt@gmail.com

Pesquisadora acadêmica: Juliane Washov Pereira
Endereço: Rua Barão do Cerro Azul, 1227, Ponte Nova, União da Vitória-PR
CEP: 84600-016
Telefone para contato: (42) 99955-8460
E-mail: jwashovpereira@gmail.com

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo Seres Humanos da UNESPAR, no endereço abaixo:

CEP UNESPAR

Universidade Estadual do Paraná - campus Paranavaí
Avenida Gabriel Esperidião, S/N - Sala 20
Jardim Morumbi, Paranavaí -PR
CEP: 87.703-000

6. RESSARCIMENTO DAS DESPESAS: Caso você aceite participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

7. CUSTOS: Foi esclarecido de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação na pesquisa, tendo em vista que sua participação é voluntária.

PREENCHIMENTO DO TERMO: Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você.

Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você), como garantia do acesso ao documento completo.

TERMO 1

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr.(a) _____, declara que, após leitura minuciosa do TCLE, teve oportunidade de fazer perguntas, esclarecer dúvidas que foram devidamente explicadas pela pesquisadora, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido e, não restando quaisquer dúvidas a respeito daquilo lido e explicado, firma seu **CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** em participar voluntariamente desta pesquisa. Assim, por estar de acordo, assina o presente termo.

União da Vitória, _____ de _____ de 2024

Assinatura do participante

Unespar Campus Paranavaí – Avenida Gabriel Esperidião, S/N – Sala 20,
Jardim Morumbi, Paranavaí - PR | CEP: 87.703-000
Telefone: (44) 3424.0100 | E-mail: cep@unespar.edu.br

TERMO 2

Eu, Veridiana Rezende declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supranominado.

Eu, Marli Schmitt Zanella declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supranominado.

Eu, Juliane Washov Pereira declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supranominado.

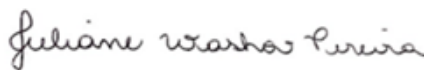
Campo Mourão, 10 de Julho de 2024.



Veridiana Rezende
Pesquisadora Responsável



Marli Schmitt Zanella
Pesquisadora Responsável



Pesquisadora Acadêmica

Unespar Campus Paranavaí – Avenida Gabriel Esperidião, S/N – Sala 20,
Jardim Morumbi, Paranavaí - PR | CEP: 87.703-000
Telefone: (44) 3424.0100 | E-mail: cep@unespar.edu.br

APÊNDICE C - INSTRUMENTO DE PESQUISA DO ESTUDO PRINCIPAL

Nome:

Um frasco de descongestionante nasal contém em sua composição cloridrato de nafazolina na concentração de 3mg/mL. Qual a massa de nafazolina em mg, num frasco que contém 15 mL?

O rótulo de água mineral representado na tabela abaixo indica a concentração dos elementos presentes em sua composição. Qual é a massa de sódio em mg, ingerida por um indivíduo que consome 2 litros de água por dia?

Composição química em mg/L:

Bicarbonato	2,98	Cloreto	0,01
Sódio	0,662	Magnésio	0,033
Potássio	0,499	Sulfato	0,02
Cálcio	menor que 0,5	Nitrato	0,17

Características físico-químicas: pH a 20 °C:

Temperatura da água na fonte 22 °C
Resíduo de evaporação a 180 °C 10 mg/L

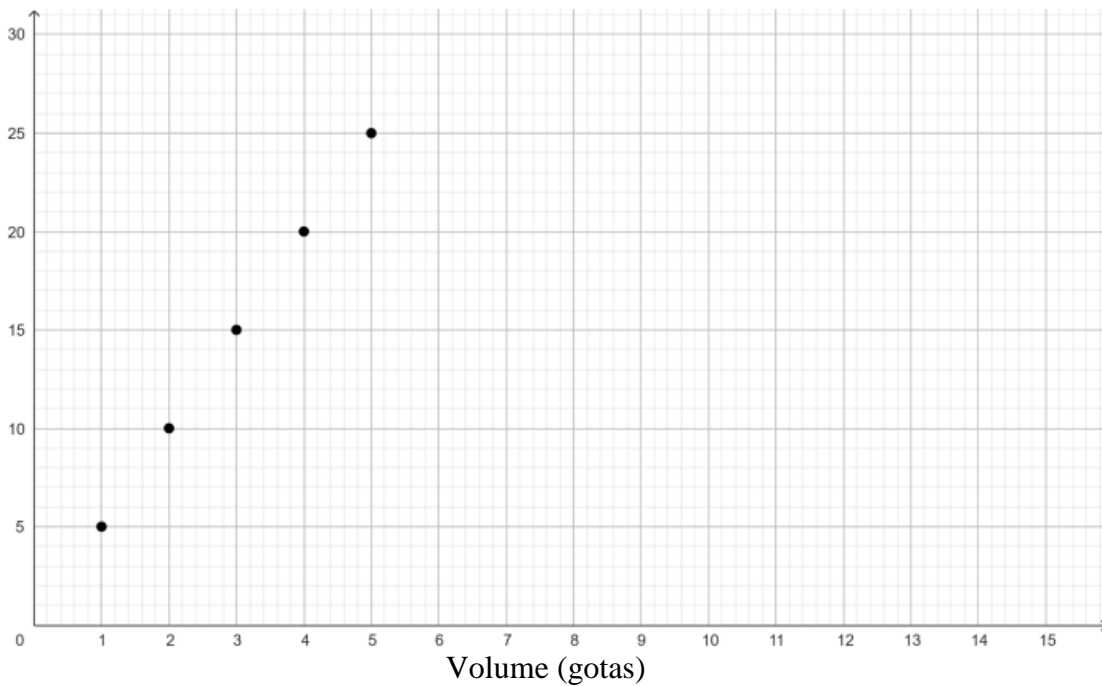
O diclofenaco é um medicamento utilizado para tratar dor e inflamação. Calcule a concentração em mg/mL, de uma solução de medicamento com volume de 20 mL, que possui 300 mg de diclofenaco de potássio.

Foi administrado em um paciente hospitalar 1 L de soro em solução fisiológica. De acordo com os dados fornecidos na embalagem, ela contém a massa de cloreto de sódio a cada 100 mL, ou seja, 0,1 L. Qual a concentração em g/L, dessa solução de cloreto de sódio que o paciente tomou? Seguem os dados da embalagem de uma solução de cloreto de sódio a 0,9%.
Composição em 100 mL:

Num frasco de solução salina há 100 g de cloreto de sódio. Calcule o volume em mL, dessa solução, sabendo que ela possui uma concentração de 2,5g/mL.

Observe o gráfico linear a seguir, que relaciona os valores correspondentes a massa (mg) e o volume (gotas) de um medicamento. Sabendo que a dosagem máxima diária não pode exceder 200 mg, quantas gotas devem ser ministradas a um paciente que precisa tomar a dosagem máxima?

Massa (mg)



O leite é um alimento rico em cálcio. Em cada 200 mL de leite ingerido consome-se 335 mg de cálcio. Determine a quantidade de cálcio em mg, ingerida, por um indivíduo que consome diariamente 600 mL de leite.

Um empreendedor obtém sal extraído da água do mar. O gráfico a seguir relaciona a quantidade de sal retirada de uma certa quantidade de água do mar. Nestas condições, se o empreendedor processar 10.000 L de água em um mês, quanto irá obter de sal (kg)?

Massa do sal (Kg)

