

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR**

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**PROBLEMAS DE CONCENTRAÇÃO COMUM DE  
SOLUÇÕES EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: UM  
ESTUDO À LUZ DA TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

**Adriéli Mazurek Cieslak**

**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**

**PROBLEMAS DE CONCENTRAÇÃO COMUM DE SOLUÇÕES EM  
LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA: UM ESTUDO À LUZ DA TEORIA  
DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

Adriéli Mazurek Cieslak

Orientadora:  
Profa. Dra. Veridiana Rezende  
Coorientadora:  
Profa. Dra. Marli Schmitt Zanella

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  
Dezembro 2021

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569p

Cieslak, Adriéli Mazurek.

Problemas de concentração comum de soluções em livros didáticos de química: um estudo à luz da teoria dos campos conceituais. / Adriéli Mazurek Cieslak – União da Vitória, 2021.

116 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana Rezende  
Coorientadora: Profa. Dra Marli Schmitt Zanella

Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Estadual do Paraná – Campus União da Vitória - Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Educação Matemática. União da Vitória, 2021.

Inclui bibliografia.

1. Educação Matemática. 2. Matemática - Ensino Médio. 3. Matemática – Livro Didático. 4. Concentração Comum de Soluções. I. Universidade Estadual do Paraná. Programa de Pós-Graduação – Mestrado em Educação Matemática. II. Rezende, Veridiana. III. Zanela, Marli Schmitt. IV. Título.

CDD: 510.7  
CDU: 371.13:51

Adriéli Mazurek Cieslak

PROBLEMAS DE CONCENTRAÇÃO COMUM DE SOLUÇÕES EM LIVROS  
DIDÁTICOS DE QUÍMICA: UM ESTUDO À LUZ DA TEORIA DOS CAMPOS  
CONCEITUAIS

Comissão Examinadora:



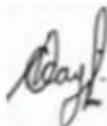
Dra. Veridiana Rezende – Presidente da Comissão Examinadora  
Universidade Estadual do Paraná



Dra. Mariana Moran - Membro da Banca  
Universidade Estadual de Maringá / Universidade Estadual do Paraná



Dra. Fabiele Cristiane Dias Broietti - Membro da Banca  
Universidade Estadual de Londrina



Dra. Claudete Cargnin - Membro da Banca  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resultado: Aprovada

União da Vitória  
Dezembro/2021

*“A matemática, senhora que ensina o homem a ser simples e modesto, é a base de todas as ciências e de todas as artes”*  
**- Malba Tahan.**

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência. Obrigado por me permitir errar, aprender e crescer; por sua eterna compreensão e pela sua voz “invisível” que não me permitiu desistir. Enfim, obrigada por tudo.*

*À Professora Veridiana, pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação tão importantes. Obrigada por acreditar em mim e pelos tantos incentivos e conhecimentos compartilhados. À Professora Marli, pela disponibilidade e contribuição ao compartilhar seus conhecimentos. Tenho certeza de que não chegaria neste ponto sem o apoio de vocês.*

*Aos membros da banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Fabiele Cristiane Dias Broietti, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mariana Moran, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Claudete Cargnin pela receptividade em avaliar e contribuir com este trabalho, todas as considerações são sempre enriquecedoras e potencializam a disseminação da pesquisa. Aos professores, Dr. Everton José Goldoni Estevam e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Piai Cedran por estarem sempre disponíveis para contribuir com a pesquisa e poder participar da avaliação deste trabalho.*

*Aos professores coordenadores e aos integrantes do GEPeDIMA, com os quais muito aprendi, gratidão por todos os momentos de crescimento e pelos conhecimentos compartilhados.*

*A todos os professores que participaram da minha jornada escolar e acadêmica, cuja dedicação e atenção foram essenciais para minha formação. Em especial, aos professores do PRPGEM, pelo compartilhamento do bem mais nobre, o conhecimento. Também aos meus alunos, razão da minha busca pela melhora na prática docente.*

*A todos os amigos e colegas que contribuíram, ou auxiliaram intelectual ou emocionalmente, na elaboração do presente estudo; pela paciência, atenção e força que prestaram em momentos menos fáceis.*

*Aos meus pais, Pedro e Alice, pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida; por acreditarem em mim e não medirem esforços para a concretização dos meus sonhos. Sem vocês, nada seria possível. Amo vocês eternamente!*

*Ao meu marido, Marcos, pelo amor, partilha, companheirismo e apoio incondicional; agradeço a enorme compreensão e generosidade, contribuindo para eu chegar ao fim deste percurso.*

*A minha princesa, Amanda, que amo incondicionalmente e que veio dar um novo colorido a minha vida: espero compensá-la pelas horas de atenção e brincadeira que lhe devo. Inúmeras foram as vezes que, após concluir algum trabalho, olhei para você, feliz por você fazer parte da minha vida. Foi você o meu grande estímulo nesta caminhada.*

*Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.*

## RESUMO

A Matemática é essencial para diversas Ciências, dentre elas a Química. Situações-problema de Concentração Comum de Soluções, conceito químico foco desta pesquisa, demandam diversos conceitos, símbolos e representações matemáticos para a sua resolução. Tais situações podem ser exploradas por meio de temas do cotidiano dos estudantes, uma vez que é um conteúdo de fácil contextualização. Com base na teoria dos Campos Conceituais assume-se, nesta pesquisa, que a aprendizagem de um conceito pelo estudante ocorre no decorrer do processo escolar e em decorrência das diferentes situações vivenciadas. Nessa direção, esta pesquisa tem por objetivo analisar situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de Química do Ensino Médio, à luz da Teoria dos Campos Conceituais. Foram consideradas, para as análises, as seis coleções de Química aprovadas pelo PNLD 2018, sendo selecionado o volume do 2º ano de cada obra por ter o conteúdo de Concentração Comum de Soluções. As análises da pesquisa mostraram que as situações de Concentração Comum estão associadas ao Campo Conceitual Multiplicativo, e são classificadas como Proporção Simples. Também foi identificado que as situações podem sofrer variações em subclasses Partição, Um para Muitos, Cota e Quarta Proporcional. Por conseguinte, os resultados mostraram que as situações-problema de Concentração Comum de Soluções são apresentadas nos livros didáticos analisados por meio de contextos próximos à realidade 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 de Concentração Comum na disciplina de Química. 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.

**Palavras-chave:** Educação Matemática. Ensino Médio. Livro Didático. Concentração Comum de Soluções.

## ABSTRACT

Mathematics is essential for several Sciences, including Chemistry. Problem-situations of Common Concentration of Solutions, the chemical concept that is the focus of this research, demand several concepts, symbols and mathematical representations for their resolution. Such situations can be explored through topics of the students' daily lives because it is an easily contextualized content. Based on the theory of Conceptual Fields, it is assumed, in this research, that the student's learning of a concept occurs during the school process and as a result of the different situations experienced. In this direction, this research aims to analyze problem-situations of Common Concentration of Solutions present in high school Chemistry textbooks, in the light of the Theory of Conceptual Fields. For the analyses, the six Chemistry collections approved by the PNLD 2018 were considered, and the volume of the 2nd year of each work was selected for having the content of Common Concentration of Solutions. The research analyzes showed that situations of Common Concentration are associated with the Multiplicative Conceptual Field, and are classified as Simple Proportion. It was also identified that situations may vary in Partition, One to Many, Quota and Fourth Proportional subclasses. Therefore, the results show that the problem situations of Common Concentration of Solutions are presented in the textbooks analyzed through contexts close to the students' reality, and that mathematical knowledge such as multiplication, division, operations with decimal numbers, mass, volume, and conversion of measurement units are essential for solving Common Concentration problem situations in the Chemistry subject. These situations represent opportunities for applying mathematical concepts and expanding the student's repertoire of resolutions made from these concepts, then making possible mathematic learning from solving situations of Chemistry.

**Keywords:** Matematics Education. High School. Textbook. Common Concentration of Solution.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura multiplicativa.....	44
Figura 2 - Esquema geral do caminhar metodológico .....	58
Figura 3 - Problema P1: Proporção Simples – Partição.....	61
Figura 4 - Problema P3: Proporção Simples – Partição.....	68
Figura 5 - Problema P5: Proporção Simples – Multiplicação Um para Muitos .....	73
Figura 6 - Problema P 6: Proporção Simples – Partição .....	74
Figura 7 - Problema P8: Proporção Simples – Partição.....	80
Figura 8 – Problema P9: Proporção Simples – Multiplicação Um para Muitos.....	81
Figura 9 - Problema P11: Proporção Simples – Partição.....	86
Figura 10 - Problema P13: Proporção Simples – Partição.....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Problema 1: proporção simples multiplicação um para muitos .....	46
Quadro 2 - Problema 2: proporção simples partição .....	47
Quadro 3 - Problema 3: proporção simples cota .....	49
Quadro 4 - Problema 4 - proporção simples quarta proporcional. ....	50
Quadro 5 - Relação de obras de Química escolhidas pelos Colégios de União da Vitória.....	56
Quadro 6 – Problema P2: Multiplicação Um para Muitos .....	62
Quadro 7 - Operador vertical e horizontal da Situação-problema Cloreto de Sódio - P2 .....	63
Quadro 8 - Operador vertical e horizontal da situação-problema de Sacarose - P2.....	65
Quadro 9 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Fonseca (2016) .....	66
Quadro 10 – Problema P4: Proporção Simples – partição .....	69
Quadro 11 - Operador vertical e horizontal do Problema P4 .....	70
Quadro 12 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Mortimer (2016).....	71
Quadro 13 – Problema P7: Quarta Proporcional e Partição .....	75
Quadro 14 - Operador vertical e horizontal da situação problema de cálculo do Problema P7.	76
Quadro 15 - Operador vertical e horizontal da situação-problema de Concentração do Problema P7 .....	78
Quadro 16 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Lisboa (2016) .....	79
Quadro 17 – Problema P10: Quarta Proporcional.....	82
Quadro 18 - Operador vertical e horizontal do Problema P10 .....	83
Quadro 19 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Novais (2016).....	84
Quadro 20 - Situação-problema P 12 – a) Partição, b) Multiplicação Um para Muitos e c) Cota .....	87
Quadro 21 - Operador vertical e horizontal da situação-problema P12, item A.....	88
Quadro 22 - Operador vertical e horizontal da situação-problema P12, item B.....	89
Quadro 23 - Operador vertical e horizontal da situação-problema, item C.....	90
Quadro 24 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Ciscato <i>et al.</i> (2016) .....	91

Quadro 25 - Situação-Problema P14 – Proporção Simples Cota .....	93
Quadro 26 - Operador vertical e horizontal da situação-problema P14 .....	94
Quadro 27 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Santos (2016).....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Situações-problema em cada livro didático de acordo com a classificação do Campo Conceitual Multiplicativo – Proporção Simples.....	97
Tabela 2 - Formas de representações matemáticas e os conceitos matemáticos dos problemas resolvidos e propostos que foram investigadas nos livros didáticos .....	99

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

<b>%</b>	Por cento
<b>BNCC</b>	Base Nacional Comum Curricular
<b>C</b>	Concentração Comum
<b>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub></b>	Glicose
<b>CAPES</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetro cúbico
<b>Covid-19</b>	Doença infecto contagiosa causado pelo coronavírus (Sars-CoV-2)
<b>CTS</b>	Ciência-Tecnologia e Sociedade
<b>d</b>	Densidade Absoluta
<b>DCE</b>	Diretrizes Curriculares Estaduais
<b>FNDE</b>	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
<b>g</b>	Gramma
<b>GEPeDiMa</b>	Grupo de Estudos e Pesquisas em Didática da Matemática
<b>Google Meet</b>	Empresa multinacional de serviços online e software dos Estados Unidos
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDEB</b>	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
<b>ISSN</b>	Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas
<b>Kg</b>	Quilograma
<b>l</b>	Litro
<b>m</b>	Massa
<b>M</b>	Molaridade ou Concentração em quantidade de matéria
<b>MEC</b>	Ministério da Educação
<b>mg</b>	Miligrama
<b>ml</b>	Mililitro
<b>NaCl</b>	Cloreto de Sódio
<b>NaNO<sub>3</sub></b>	Nitrato de Sódio
<b>NaOH</b>	Hidróxido de Sódio
<b>on line</b>	Maneira conectada diretamente a um computador
<b>PCNEM</b>	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
<b>PDDE</b>	Programa Dinheiro Direto na Escola
<b>PNLD</b>	Programa Nacional do Livro Didático
<b>PRPGEM</b>	Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática
<b>SANEPAR</b>	Companhia de Saneamento do Paraná
<b>SEED</b>	Secretaria de Estado da Educação
<b>TCC</b>	Teoria dos Campos Conceituais
<b>UNESPAR</b>	Universidade Estadual do Paraná
<b>V</b>	Volume

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1. O CONTEXTO DA PESQUISA</b> .....	<b>18</b>
1.1 As disciplinas de matemática e química no contexto escolar brasileiro .....	18
1.2 Diretrizes para as disciplinas de Matemática e Química apresentadas em documentos educacionais .....	25
1.3 Concentração Comum de Soluções e sua relação com a matemática .....	28
1.4 Pesquisas associadas à química e à matemática .....	34
<b>2. A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS</b> .....	<b>39</b>
2.1 Aspectos da TCC considerados neste estudo .....	39
2.2 O Campo Conceitual Multiplicativo .....	42
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1 Os objetivos da pesquisa</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2 Trajetória da pesquisa</b> .....	<b>55</b>
3.2.1 Seleção das Obras analisadas .....	55
<b>3.3 Análise dos Problemas dos Livros Didáticos</b> .....	<b>56</b>
<b>3.4 Síntese geral da metodologia</b> .....	<b>57</b>
<b>4. ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>59</b>
<b>4.1 Livros de Química aprovadas pelo PNLD – 2018</b> .....	<b>59</b>
4.1.1 Análise do livro <i>Química Ensino Médio</i> .....	60
4.1.2 Análise do livro <i>Química Ensino Médio</i> .....	67
4.1.3 Análise do livro <i>Ser Protagonista: Química</i> .....	72
4.1.4 Análise do livro <i>Vivá Química</i> .....	80
4.1.5 Análise do livro <i>Química 2 – Ensino Médio</i> .....	85
4.1.6 Análise do livro <i>Química Cidadã</i> .....	92
<b>4.2 Síntese Interpretativa dos dados</b> .....	<b>96</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>103</b>

## INTRODUÇÃO

O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) obtido a partir das avaliações de estudantes de Ensino Médio em 2019, mostrou aumento no índice de desempenho dos estudantes e avanços dos objetivos em relação às edições anteriores. Porém, o nível de qualidade dessa etapa do sistema educacional brasileiro ainda está abaixo de 5,0, estabelecido como ideal (BRASIL, 2019). A nota de 4,2 pontos conquistada pelos estudantes do Ensino Médio no IDEB realizado em 2019 é inferior à estimativa para o ano de 2015, que era 4,3. Além disso, o Brasil não atinge a meta de notas do IDEB desde o ano de 2013, quando a meta estabelecida foi 3,9 (BRASIL, 2019).

Especificamente, segundo dados do Instituto Nacional Anísio Teixeira (BRASIL, 2019), o Ensino Médio foi classificado no nível 2 de proficiência em matemática e português. Em matemática, 71,67% dos estudantes têm nível insuficiente de aprendizado. Desses, 23% estão no nível 0, o mais baixo da escala de proficiência. Diante desses dados e a partir da minha<sup>1</sup> experiência em sala de aula, é perceptível a dificuldade dos estudantes em compreender alguns conceitos envolvidos nas disciplinas de matemática e química no Ensino Médio. Este é um dos fatores que motivaram o desenvolvimento da temática desta pesquisa de Mestrado.

Além disso, o interesse pelas disciplinas de matemática e química ocorreu durante minha formação acadêmica nos cursos de Licenciatura em Ciências com habilitação em matemática e Licenciatura em Química, e intensificou-se durante minha experiência profissional como docente da Educação Básica em ambas as disciplinas. Enquanto professora do Ensino Médio, observava que a maioria das dificuldades dos estudantes em solucionar as situações propostas na disciplina de Química estava relacionada à compreensão de conhecimentos básicos de matemática.

Outros importantes fatores motivadores para a seleção do tema desta dissertação foram a minha participação nas disciplinas de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática (PRPGEM) e no Grupo de Estudos e Pesquisas em Didática da Matemática (GEPeDiMa). Esse grupo tem por objetivo principal investigar fenômenos didáticos e questões teóricas e cognitivas cujo cerne é o saber matemático, que traz implicações para a sala de aula. No GEPeDiMa e nas disciplinas, vivenciei situações que foram importantes para esta pesquisa,

---

<sup>1</sup> Do segundo ao sexto parágrafo da Introdução, o texto está escrito na primeira pessoa do singular pelo fato de apresentar as impressões e experiências pessoais da autora desta dissertação.

pois me levaram a conhecer os pressupostos da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) proposta por Vergnaud (1990), os quais fundamentam a presente investigação.

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.

No Ensino Médio, a disciplina de Química possibilita o estudo do conteúdo de Concentração Comum de Soluções na segunda série. Já o ensino de conceitos básicos de matemática, a exemplo das operações de adição, subtração, multiplicação e divisão, conversão entre unidades de medida, volume e números decimais, entre outros associados a esse conteúdo, é previsto para ser realizado durante o Ensino Fundamental (PARANÁ, 2008).

Como se pode notar, a habilidade em matemática está intrinsecamente envolvida no desempenho dos estudantes em cálculos químicos (SCOTT, 2012). De acordo com este autor o principal motivo de falhas nas perguntas mais fáceis de química é a falta de entendimento das operações matemáticas básicas, como divisão, multiplicação, conversão de números decimais e de unidades de medida, principalmente quando usadas em conjunto com frações ou proporções. O autor acrescenta, ainda, que se as habilidades matemáticas dos estudantes não são bem compreendidas, elas podem dificultar o uso desse conhecimento em outras disciplinas.

Segundo Gungstone e Champagne (1990), estudantes que apresentam dificuldades na compreensão de conhecimentos básicos de matemática transferem para a química a visão de difícil compreensão dessa disciplina, já que as operações matemáticas, por exemplo, a multiplicação e a divisão, são utilizadas no desenvolvimento do conteúdo químico de Concentração Comum de Soluções.

Em sala de aula, o conteúdo de soluções é geralmente ensinado com ênfase nos cálculos e nas aplicações de fórmulas, sem relações com a vida cotidiana. Dessa forma, há valorização dos aspectos quantitativos que estão relacionados às fórmulas e cálculos matemáticos (NIEZER *et al.*, 2015; 2016). É importante mencionar que solução química é um conceito mais amplo, que envolve uma mistura entre dois ou mais compostos químicos denominados de soluto e solvente, enquanto Concentração Comum de Soluções, foco desta pesquisa, é a quantidade de

soluto em um determinado volume; ou seja, é a razão entre a quantidade de soluto e o volume total da solução.

A Concentração Comum de Soluções pode ser exemplificada por meio de situações do cotidiano, uma vez que é um conteúdo de fácil contextualização, permitindo explorar temas do cotidiano dos estudantes, tais como composição de alimentos, bebidas, produtos de limpeza e medicamentos. Contudo, depende de conhecimento prévio de outros conceitos químicos, do uso de fórmulas e equações vinculadas à noção microscópica dos processos químicos (ECHEVERRIA, 1996), e de conceitos matemáticos para a sua resolução.

Segundo Vergnaud (1990), a aprendizagem de um conceito pelo estudante ocorre no decorrer do processo escolar e em decorrência das diferentes situações vivenciadas. Ao resolver novas situações, os estudantes buscam por novos esquemas que, inicialmente, por se tratar de uma situação nova, podem ser pertinentes ou não para a situação. No entanto, são os novos esquemas que possibilitam novas aprendizagens. Para o pesquisador, desenvolvimento cognitivo se dá principalmente por meio de um vasto repertório de esquemas, que são elaborados pelos sujeitos ao enfrentar e dominar as várias situações que lhe são apresentadas.

Neste contexto de importância da diversidade de situações para a compreensão de um conceito, e considerando a necessidade de conceitos matemáticos para a compreensão de conteúdos de química, embasadas na TCC, lançamos um olhar para as situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos brasileiros de Química do Ensino Médio, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD.

Dessa forma, nos livros didáticos, atentamos que a Concentração Comum de Soluções é dada pela razão entre a quantidade de soluto e o volume da solução, e avistamos a possibilidade de associar o estudo à Teoria dos Campos Conceituais, visto que tais problemas estão associados ao Campo Conceitual Multiplicativo (VERGNAUD, 2009a, 1990). Em outras palavras, identificamos a possibilidade de apresentar uma classificação para os problemas de Concentração Comum de Soluções e poder indicar a existência ou não de diferentes classes de situações associadas a este conteúdo nos livros didáticos de Química.

O Campo Conceitual Multiplicativo foi estabelecido por Vergnaud (2009a), e é composto por cinco classes de situações multiplicativas, a saber: proporção simples, proporção múltipla, função bilinear, comparação multiplicativa e produto cartesiano. Dentre essas classes, nossas análises indicaram que os problemas de Concentração Comum de Soluções presentes nas obras analisadas podem ser classificados como Proporção Simples com variações nas subclasses Partição, Cota, Multiplicação um para muitos e Quarta Proporcional.

Neste sentido, temos por hipótese que os conhecimentos matemáticos refletem na resolução de diferentes situações-problema relacionadas à Concentração Comum de Soluções da disciplina de Química. Assim, a questão estabelecida para esta pesquisa é: Como se caracterizam as situações-problema de Concentração Comum de Solução em livros didáticos de Química do Ensino Médio?

Deste modo, estabelecemos como objetivo geral da pesquisa *analisar situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de Química do Ensino Médio, à luz da Teoria dos Campos Conceituais*. Este objetivo desdobrou-se nos seguintes objetivos específicos: (1) *classificar situações-problema de Concentração Comum de Soluções de acordo com as tipologias do Campo Conceitual Multiplicativo*; e (2) *investigar conceitos matemáticos e representações matemáticas associados a problemas de Concentração Comum de Soluções*.

Nesta pesquisa, diferentes situações-problema são consideradas, no sentido de diversificar as classes ou subclasses de problemas do campo conceitual multiplicativo, conforme a classificação para o campo conceitual estabelecido por Vergnaud (1990; 2009a).

Diante do exposto, o texto está organizado em quatro capítulos. No primeiro estão descritos os elementos que levaram a refletir sobre a Matemática e a Química e seu histórico como disciplinas, os apontamentos sobre elas nos documentos curriculares, conceitos teóricos, e as pesquisas referentes à Concentração Comum de Soluções.

Em seguida, no capítulo dois são explicitados os elementos da Teoria dos Campos Conceituais, como também as classes de situações pertencentes ao Campo Conceitual Multiplicativo, alguns exemplos de análises e esquemas sagitais para cada tipo de situação.

No terceiro capítulo são apresentados os aspectos metodológicos que nortearam o estudo desenvolvido, a partir dos objetivos traçados que ajudaram na investigação do problema apresentado na dissertação.

No quarto capítulo estão descritas as considerações sobre cada livro analisado, a classificação das situações-problema de Concentração Comum de Soluções dentro do Campo Conceitual Multiplicativo da TCC, o Esquema Sagital, o Operador horizontal e vertical de alguns problemas analisados, assim como as representações matemáticas utilizadas na apresentação e solicitadas na resolução de situações-problema de Concentração Comum de Soluções.

Por fim, tecemos algumas considerações para alcançar os objetivos desta pesquisa, no que se refere à identificação, classificação e análise das estratégias matemáticas presentes nas

resoluções de problemas de Concentração Comum de Solução da disciplina de química do Ensino Médio.

## 1. O CONTEXTO DA PESQUISA

Neste capítulo apresentamos a caracterização das disciplinas de Matemática e Química no contexto escolar brasileiro, especificações teóricas elencadas dessas disciplinas, e algumas pesquisas referentes ao ensino da Concentração Comum de Soluções em sala de aula.

### 1.1 As disciplinas de matemática e química no contexto escolar brasileiro

O estudo sobre a História do Currículo permite estabelecer e reconstruir relações de ensino-aprendizagem entre disciplinas escolares (MARCONDES, 2002) e como elas estão associadas ao desenvolvimento conjunto das Ciências, incluindo a Matemática e a Química.

O termo *matemática* tem origem grega, expressando conhecimento (ROQUE, 2012). Para Mol (2013), os pensadores da Grécia Clássica, ao racionalizar a compreensão das quantidades e formas, estruturaram a matemática como forma de pensar. Nesse contexto, pode-se afirmar que a Química é uma Ciência dinâmica, fruto da criação humana que teve, ao longo da história, papel central na maneira como o homem entende o mundo (LUZ; SABIÃO, 2019).

A matemática é uma ciência em construção que relaciona a lógica com situações práticas habituais (RAMOS, 2017). Ramos (2017) acrescenta que a matemática desenvolve uma constante busca pela veracidade dos fatos por meio de técnicas precisas e exatas, resultado de séculos de contribuições de vida em civilizações.

Ao longo da história, por sua vez, a química foi sendo construída e aperfeiçoada, prosseguindo em constante evolução, investigando novas situações e estabelecendo relações com os acontecimentos cotidianos, sendo influenciada por fatores econômicos, sociais e políticos. Mol (2013) destaca que, assim como a história humana em geral moldou a maneira de o homem produzir ciência, a posse do conhecimento científico teve grande influência sobre a forma como o homem conduz sua vida.

Para Lopes (2007), ao realizar uma retomada histórica e social sobre os saberes escolares, apesar de interesses distintos e das mais variadas posturas ideológicas e culturais presentes na sociedade, as disciplinas das ciências exatas, com a objetividade pragmática e tecnológica enquadram-se na proposta cientificista de educação para o trabalho. Isso possibilita compreender a necessidade de a ciência fazer parte do currículo escolar.

De acordo com os estudos de Chassot (1996), o início do século XIX pode ser considerado um dos períodos mais grandiosos para o estabelecimento do estudo das ciências,

pois seus conhecimentos promissores já se encontravam espalhados por todo o mundo civilizado da época.

Em 1837 foi criado o Colégio Dom Pedro II, no estado do Rio de Janeiro, com a intenção de servir de modelo aos colégios de todo o país, e buscar uma reformulação no ensino. O Colégio Dom Pedro II seguia o modelo dos colégios franceses, possuindo Ciências em sua grade curricular, disciplina que ainda estava se difundindo pelo Brasil. Na época, o fato de a disciplina de Ciências não ser exigida como pré-requisito nem para os cursos superiores, como medicina, escolas militares e academia da marinha, levava os estudantes a não optarem por cursá-la (LOPES, 2007).

Em 1887, as noções de ciências físicas e químicas passaram a ser cobradas nos exames de medicina, o que influenciava aqueles que tinham interesse nessa profissão a procurar um curso preparatório sobre o tema (HAIDAR, 1972; LOPES, 2007). Sendo assim, a disciplina de Ciências tornou-se essencial, e passou a ser procurada quando o seu conteúdo foi incluído nos exames para o ingresso em cursos superiores, a partir de 1888. Logo, muitos estudantes iniciaram a pesquisa na área de ciências após esse fato, o que obviamente ajudou a difundir a importância da pesquisa científica (LIMA, 2013).

As orientações para o ensino de química eram voltadas para a memorização e acúmulo de informações de caráter descritivo, seguindo uma concepção utilitarista. Lopes (2007) ainda explica que, nas orientações metodológicas do Colégio Pedro II de 1899, o ensino de Química e Física deveria pautar-se às modestas proporções de um curso secundário desenvolvido em curto período de tempo. No Programa de 1911, a recomendação era um ensino de Ciências restrito a noções sucintas, quase intuitivo, sem abordagens teóricas. Na época, havia apontamentos da importância das observações e experiências, mas com caráter meramente ilustrativo, prevalecendo o intuito empirista (LOPES, 2007).

Todavia, Lopes (2007) destaca que, embora disciplinas como Ciências fizessem parte do currículo a partir de 1887, e após a reforma de Rocha Vaz em 1925, Física e Química aparecerem como disciplinas distintas, o que ainda não caracterizava um ensino amplo da disciplina de Ciências no país até a reforma de Francisco Campos, em 1931.

Com a reforma Rocha Vaz, de 1925, houve um aumento na carga horária de humanidades em relação à reforma Maximiliano, de 1915, mas não houve um aumento respectivo para as ciências. A reforma Campos foi a primeira que de fato valorizou as ciências, mas não superava as humanidades, mesmo somando ciências e matemática, que correspondiam a 30,9% do tempo de escolarização, enquanto as humanidades correspondiam a 38,2%. A partir

da Reforma de Francisco Campos, o curso secundário passou a ter duração de cinco anos, contando com o ensino de química nos três últimos anos (LOPES, 2007).

Em relação à carga horária ofertada no nível que corresponde ao Ensino Médio brasileiro, no ano de 1901, 8,7% correspondia à matemática, 15,9% às ciências, 14,3% aos estudos sociais e 47,6% às humanidades. Em 1931, da carga horária disciplinar ofertada, 12,2% correspondiam à matemática, 18,6% às ciências, 17,1% aos estudos sociais e 38,2% às humanidades (LOPES, 2007).

Durante as Reformas de Campos e Capanema, o currículo de Química foi marcado pelo excesso de conteúdo com caráter empírico-descritivo. Lopes (2007) elucida que, durante o período do Ministério de Capanema, o objetivo era modelar o indivíduo, prepará-lo para a vida e servir à Pátria.

Segundo Lopes (2007), a orientação de Capanema deu ênfase aos estudos de humanidades para que se desenvolvesse o civismo, os valores tradicionais e mentes condutoras da nação, associando humanidades ao nacionalismo. Ao passo que nas aulas de ciências, os estudantes deveriam discutir e verificar, ver e fazer. A partir da derrubada do Estado Novo e o término da Segunda Guerra, as ciências foram associadas à democracia devido ao seu caráter de neutralidade.

Em virtude disso, a fundação do Colégio Pedro II garantiu o início de um programa secundário em matemática e em outras disciplinas. Assim, o Brasil integrou o movimento da promoção das matemáticas para a formação das elites, adotando e adaptando com rapidez os novos métodos de ensino europeus, especialmente os franceses (VALENTE, 2007).

Entre 1920 a 1930, a sociedade brasileira viveu uma época de transição de um período marcado por atividades agrário-comerciais para um período voltado para uma organização urbano-industrial (LOPES, 2007). Essas transformações econômicas trouxeram uma nova forma de organização social, marcada por uma nova sociedade, pautada em movimentos sociais trabalhistas, que também era marcada por técnicas industriais que impactavam nas relações de produção.

Lopes (2007) menciona que a crescente urbanização também alterou a vida nas cidades. Com isso, acentuou-se ainda mais a divisão de classes sociais, trazendo consigo um movimento antipatriarcalista. Este contexto se mostrava como oportunidade para o desenvolvimento do progresso, regulado pela ciência e pela tecnologia.

Porém, “a burguesia em ascensão fundamentava-se em um discurso que valorizava o progresso e a ciência, mesmo que adquirisse a tecnologia como garantia ao lucro” (LOPES,

2007, p. 90). Frente a esta consideração da ideologia burguesa científicista, decorre a preferência das ciências perante as humanidades.

Em relação à presença da disciplina de Matemática no currículo escolar brasileiro, o primeiro ensino de matemática no país é datado de 1738, nas aulas de artilharia e fortificação do Rio de Janeiro, sendo exclusivo aos oficiais militares até a independência do país. Essa origem também caracterizou a matemática escolar em muitos países da Europa e da América até o início do século XIX (VALENTE, 2007).

No que tange à modernização do ensino da matemática no país, seu início aconteceu em paralelo com o cenário de mudanças que promoviam a expansão da indústria nacional, o desenvolvimento da agricultura, o aumento da população nos centros urbanos e as ideias que agitavam o cenário político internacional no período após a Primeira Guerra Mundial. Neste sentido, as novas propostas na área educacional eram marcadas por objeção em relação a um caráter artificial e verbalizado da educação (MIORIM, 1995).

Segundo Miorim (1998), o Movimento da Escola Nova pode ser caracterizado como uma ação de renovação do ensino que foi forte na Europa, na América e no Brasil na primeira metade do século XX. O Movimento contribuiu para a caracterização da Matemática como disciplina e orientou a formulação da metodologia do ensino da matemática na Reforma Francisco Campos. Lopes (2007) acrescenta que, em decorrência desse Movimento, novos pressupostos em defesa do ensino de ciências emergiram. Para a autora, o exame da concepção de conhecimento científico do movimento não perpassa somente o campo educacional relacionado ao ensino de ciências, mas também a interpretação da educação como ciência. Nesse norte, a defesa da ciência como conteúdo e como método está envolta pela corrente positivista, com a objetividade e a universalidade do método científico.

Do período de 1940 até meados da década de 1980, o Movimento da Escola Nova influenciou a produção de alguns materiais didáticos de matemática e a prática pedagógica de muitos professores no Brasil. Na proposição do escolanovismo, o aluno era o centro do processo de aprendizagem e o professor desempenhava o papel de orientador, com vistas no desenvolvimento da criatividade e das potencialidades e interesses individuais (PARANÁ, 2008).

Após a década de 1950, observou-se a tendência formalista moderna, que valorizava a lógica estrutural das ideias matemáticas. Mediante a reformulação do currículo escolar por meio do Movimento da Matemática Moderna, centrando o ensino no professor, demonstravam-se os conteúdos em sala de aula, enfatizando o uso preciso da linguagem matemática, o rigor e as justificativas das transformações algébricas por meio das propriedades estruturais. Com o

respectivo Movimento, acreditava-se que o rigor e a precisão da linguagem matemática facilitariam o seu ensino. Porém, essa abordagem não atendeu às expectativas e as críticas se intensificaram, fortalecendo as discussões no campo da educação matemática (PARANÁ, 2008).

Lopes (2007) explicita que após 1950 inicia o processo de inovação do ensino de ciências, liderado por alterações curriculares americanas que demoraram a chegar ao Brasil. Em relação a esses projetos curriculares americanos, a autora relata que os livros didáticos eram escritos por cientistas. Cabe destacar que os referidos projetos sofreram várias críticas no que tange à ausência de discussões sobre as implicações sociais da disciplina e ao considerar o ensino como redescoberta, que compreendia o aluno como um ser sem conhecimento.

A visão do científico relacionado ao cotidiano foi perdendo força e, com a reforma da educação promovida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 5.692 de 1971, pela qual foi criado o Ensino Médio Profissionalizante, foi imposto ao ensino de química um caráter exclusivamente técnico-científico (PORTO; KRUGER, 2013; LOPES, 2007).

Historicamente, segundo os autores acima citados, as disciplinas relacionadas às ciências só se constituíram definitivamente como componentes curriculares ao final do Século XX, quando se aproximaram das vertentes que deram origem aos seus saberes puramente científicos (SCHEFFER, 1997).

É notória a percepção de que até o início dos anos de 1980 existiam duas modalidades que regiam o Ensino Médio brasileiro. A primeira era destinada à preparação dos jovens para o Ensino Superior, isto é, a modalidade humanístico-científica, que se constituía em uma fase de transição para a universidade. A segunda era a modalidade técnica, que tinha como objetivo a formação profissional do estudante. Contudo, ambas as vertentes não conseguiram atender a demanda da sociedade, extinguindo-se nos últimos anos do século XX (MARTINS, 2010).

A partir de 1990, várias mudanças ocorrem no Ensino Médio brasileiro. Com a LDB nº 9.394 de 1996, o Ministério da Educação (MEC) lançou o programa de reforma do ensino profissionalizante, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Esses documentos nasceram com o objetivo de integrar a educação brasileira ao movimento mundial de reforma dos sistemas de ensino, que demandavam transformações culturais, sociais e econômicas, exigidas pelo processo de globalização.

De acordo com os PCNEM, no Ensino Médio, os objetivos envolvem o aprofundamento dos saberes disciplinares em biologia, física, química e matemática, com procedimentos científicos pertinentes aos seus objetos de estudo, pautando-se nas seguintes competências:

[...] desenvolver a capacidade de comunicação, de questionar processos naturais e tecnológicos, identificando regularidades, apresentando interpretações e prevendo evoluções, o raciocínio e a capacidade de aprender. Assim como, compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático (BRASIL, 1999, 87).

Em se tratando de ensino de química e dos conhecimentos nele envolvidos, a proposta dos PCNEM é que sejam explicitados a multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico de seus conteúdos. Assim, severas modificações no currículo dos livros didáticos e nas diretrizes metodológicas passaram a ser conduzidas, a fim de romper com o tradicionalismo fortemente imposto. A orientação dos PCNEM é que

[..] o aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada e assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (BRASIL, 1999, p. 31).

Sendo a Química uma ciência importante para a compreensão das diversas transformações na sociedade, todavia, ela dialoga diretamente com a matemática. Os estudantes têm enfrentado problemas de aprendizagem tanto dos conteúdos da matemática quanto da química, por isso é necessário um trabalho interdisciplinar para que compreendam as interrelações e possam aplicar esses conhecimentos na prática social.

Sendo assim, em seu caráter instrumental no Ensino Médio, a proposta dos PCNEM para o ensino de matemática é que ela precisa ser vista pelo aluno como um conjunto de técnicas e estratégias para serem aplicadas a outras áreas do conhecimento, assim como para a atividade profissional. Faz-se necessário que os estudantes consigam desenvolver a iniciativa e a segurança ao aplicar e adaptar estratégias nos mais diferentes contextos (BRASIL, 1999), visto que

É necessário que a Matemática desempenhe de maneira equilibrada e integrada seu papel na formação de capacidades intelectuais, na estruturação do pensamento, na agilização do raciocínio dedutivo do aluno para que o mesmo tenha condições de aplicar esses conteúdos em problemas, situações da vida cotidiana e atividades do mundo do trabalho assim como, no apoio à construção de conhecimentos em outras áreas curriculares (BRASIL, 1997, p. 23).

Segundo a LDB (BRASIL, 1996), a educação deve estar atrelada ao mundo do trabalho e à prática social. Assim, a Educação Básica deve proporcionar, aos jovens que atingem o final do Ensino Médio, as competências e habilidades adequadas, com a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o

prosseguimento de estudos. O Artigo 35 da seção IV – que trata do Ensino Médio, na Nova Lei de Diretrizes e Bases, destaca como finalidade

A preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996, p. 26).

Diante disso, os colégios estaduais do Paraná que ofertavam o Ensino Médio foram orientados, a partir de 1998, pela Secretaria de Estado da Educação (SEED), a elaborar suas propostas curriculares de acordo com os PCN (PARANÁ, 2008).

Somente em 2008 são lançadas, no estado do Paraná, as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), vigentes até o presente momento. Para a disciplina de Química, a diretriz define a necessidade de subsidiar reflexões sobre o ensino de química, bem como possibilitar novos direcionamentos e abordagens da prática docente aos processos de ensino e de aprendizagem para formar um aluno que se aproprie dos conhecimentos químicos e seja capaz de refletir criticamente sobre o meio em que está inserido (PARANÁ, 2008).

Por sua vez, a DCE de Matemática assume a educação matemática como campo de estudos, oportunizando ao professor demarcar sua ação em sala de aula de maneira crítica, compreendendo a matemática como atividade humana em construção (PARANÁ, 2008).

De acordo com Brasil (2017), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) voltada ao Ensino Médio prevê como obrigatório, durante os três anos do Ensino Médio, os componentes curriculares de língua portuguesa e matemática. Além disso, a BNCC orienta a flexibilização da organização curricular dessa etapa, por meio dos itinerários formativos previstos na legislação brasileira (BRASIL, 2017), a serem implementados a partir de 2022.

Entre as peculiaridades do Novo Ensino Médio estão os itinerários formativos, que podem ser definidos como um grupo de unidades curriculares ofertadas pelas escolas e possibilitam, aos estudantes, aprofundamento de seus conhecimentos, conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, núcleos de estudo, entre outras situações de trabalho em que os estudantes poderão escolher no Ensino Médio. Trata-se da parte do currículo que tem como objetivo preparar os jovens tanto para darem sequência aos estudos no Ensino Superior quanto para o mercado de trabalho. Eles podem estar organizados por área de conhecimento e formação técnica e profissional, ou mobilizar competências e habilidades de diferentes áreas ou da formação técnica e profissional (BRASIL, 2017).

No que tange ao ensino de ciências e química, o documento pontua que, ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza constrói a base do letramento científico, desenvolvendo a capacidade do aluno para compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), além de transformá-lo. Já no Ensino Médio, essa área recebe um complemento, ao ser chamada de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias. Assim, por meio de um olhar articulado da biologia, da física e da química, definem-se competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens desenvolvidas no Ensino Fundamental.

Em relação à carga horária das matrizes curriculares que compõem o Ensino Médio brasileiro nos dias atuais, conforme a Instrução Normativa Conjunta número 011/2020 - DEDUC/DPGE/SEED, que dispõe sobre a implantação da Matriz Curricular para o Ensino Médio nas instituições pertencentes à rede pública estadual de ensino no estado do Paraná para o ano letivo de 2021, do total da carga horária ofertada, 16% são destinados para matemática (matemática e matemática Financeira), 24% para Ciências da Natureza (biologia, física e química), 24% para Ciências Humanas (sociologia, filosofia, história e geografia), e 36% para Linguagens (língua portuguesa, língua estrangeira moderna, arte e educação física) (PARANÁ, 2020).

No entanto, os novos parâmetros curriculares fortalecem o ensino das ciências para a vida diária e experiência dos estudantes. Tais mudanças trazem novas exigências para a compreensão da interação estreita e complexa com problemas éticos, religiosos, ideológicos, culturais, étnicos, e as relações com o mundo interligado por sistemas de comunicação e tecnologias cada vez mais eficientes com benefícios e riscos no globalizado mundo atual. Para tanto, é preciso ter atenção para incluir a aquisição do conhecimento científico para uma população que compreenda e valorize a ciência como empreendimento social. Portanto, os estudantes precisam de um ensino que correlacione as disciplinas escolares com a atividade científica e tecnológica e os problemas sociais contemporâneos.

## **1.2 Diretrizes para as disciplinas de Matemática e Química apresentadas em documentos educacionais**

Com a Constituição da República Federativa do Brasil, a educação passa a ser entendida como direito de todos e um dever do Estado e da família, contemplada no artigo 205 (BRASIL, 1988). A partir desse marco legislativo, a Educação passou por diferentes fases e documentos

orientadores até chegar à construção da BNCC, que se encontra em fase de implementação, ainda que tímida no cenário educacional brasileiro (BRASIL, 2017; CUNHA; LOPES, 2017).

Em relação às finalidades no Ensino Médio, a BNCC menciona que se faz necessário assumir a convicção de que todos os estudantes podem aprender e alcançar seus objetivos, independentemente de suas características pessoais, seus percursos e suas histórias (CUNHA; LOPES, 2017).

A escola deve favorecer a atribuição de sentido às aprendizagens, por sua vinculação aos desafios da realidade e pela explicitação dos contextos de produção e circulação dos conhecimentos. Assim, é importante assegurar tempo e espaço para que os estudantes reflitam sobre suas experiências e aprendizagens individuais e interpessoais, de modo a valorizar o conhecimento, confiar em sua capacidade de aprender e utilizar estratégias mais eficazes para o seu aprendizado (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, a escola precisa se estruturar para garantir a contextualização dos conhecimentos, articulando as dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura, viabilizando o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo e relacionando teoria e prática – ou o conhecimento teórico à resolução de problemas da realidade social, cultural ou natural (BRASIL, 2017).

A BNCC alerta que o Ensino Médio deve garantir, aos estudantes, a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática. Para tanto, a escola, por meio da articulação das diferentes áreas do conhecimento, deve possibilitar aos estudantes: conscientizarem-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos; apropriarem-se das linguagens científicas e usá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos; e apropriarem-se das linguagens das tecnologias digitais e tornarem-se fluentes em sua utilização (BRASIL, 2017).

Em relação ao ensino de matemática no Ensino Médio, a BNCC menciona que os estudantes devem consolidar os conhecimentos desenvolvidos na etapa anterior e agregar novos, ampliando o leque de recursos para resolver problemas mais complexos, que exijam maior reflexão e abstração. Os estudantes ainda devem construir uma visão mais integrada da matemática, relacionando-a com outras áreas do conhecimento e das aplicações com a realidade (BRASIL, 2017). Por meio do exposto, nota-se que o documento enfatiza mais uma vez a importância de um trabalho interdisciplinar para a apropriação dos conteúdos matemáticos.

De modo geral, a BNCC sugere um trabalho conjunto entre as diversas disciplinas e áreas. A disciplina de Matemática é apresentada como uma área específica, e a disciplina de

Química apresenta-se no documento junto às disciplinas de Biologia e Física, compondo a área das Ciências Naturais.

As DCE de Matemática e Química já apontam a interdisciplinaridade como uma questão epistemológica que se faz presente na abordagem teórica e conceitual dada ao conteúdo em estudo, e se concretiza na articulação das disciplinas, cujos conceitos, teorias e práticas enriquecem a compreensão dos estudantes (PARANÁ, 2008).

A DCE de Química mostra a valorização do formalismo matemático no ensino de alguns conteúdos químicos. O documento cita o exemplo do ensino de concentração das soluções que, em muitos casos, privilegia o trabalho com as unidades de concentração das soluções nas suas diversas formas: molaridade, título, concentração comum, entre outras, o que dificulta a compreensão do significado das concentrações das soluções no contexto social em que os seus valores são aplicados (PARANÁ, 2008).

O documento ainda afirma que os números e os resultados quantitativos subsidiam a construção do conceito químico de concentração e, portanto, são ferramentas necessárias para o entendimento desse conceito. Todavia, a DCE de Química enfatiza que a contextualização do conteúdo citado, por meio da explicação das concentrações de medicamentos, das substâncias dissolvidas nas águas dos lagos, rios e mares, das substâncias presentes no cotidiano e das soluções utilizadas na indústria, pode ser mais bem compreendida se estiver atrelado à linguagem matemática (PARANÁ, 2008).

A BNCC traz uma organização por área, na qual a disciplina de Química compõe, junto às disciplinas de Física e Biologia, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A respectiva área propõe que os estudantes ampliem as habilidades investigativas desenvolvidas no Ensino Fundamental apoiando-se em análises quantitativas, na avaliação e na comparação de modelos explicativos. Também busca que os estudantes aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar os conhecimentos produzidos (BRASIL, 2017).

As DCE do estado do Paraná orientam que, em relação à leitura de mundo, o aluno deve posicionar-se criticamente nos debates conceituais, articular o conhecimento químico às questões sociais, econômicas e políticas (PARANÁ, 2008).

Conforme definido na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), a Base deve nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de todas as escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio em todo o Brasil.

A BNCC estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica, estando orientada pelos princípios

éticos, políticos e estéticos traçados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Logo, A BNCC e a DCE do estado do Paraná dialogam em relação à articulação dos conhecimentos químicos com as relações sociais, mas que a partir da implementação da Base, deve ser ampliada através dos conhecimentos construídos ao longo do Ensino Fundamental.

### **1.3 Concentração Comum de Soluções e sua relação com a matemática**

Nos livros didáticos de Química, a exemplo de Vogel (2002) e Vasconcelos (2019), a Concentração Comum de Soluções é descrita como uma razão ou divisão entre a massa da substância ou soluto pelo volume da solução. Além dos conhecimentos químicos das definições de massa, substância, soluto, solvente e solução, o estudante precisa ter o conhecimento de multiplicação e divisão para compreender a fórmula, aplicando o cálculo da relação entre a massa e o volume. Em muitas situações-problema observadas na disciplina de Química, o aluno deve obter a massa de um soluto a partir da concentração e do volume. Nota-se que, nessas situações-problema, estão implícitos a definição matemática de regra de três, que envolve as operações unitárias de multiplicação e divisão (IEZZI *et al.*, 2016), entre diversos outros conceitos matemáticos possíveis de estar envolvidos nesses problemas, tais como proporções, razões e números decimais.

Em sala de aula, o conteúdo de Soluções é geralmente ensinado com ênfase nos cálculos e nas aplicações de fórmulas, sem relações com a vida cotidiana. Segundo Niezer *et al.* (2016), os conceitos químicos sobre soluções são considerados de difícil compreensão, uma vez que estão relacionados às fórmulas e aos cálculos matemáticos. Assim, o desempenho dos estudantes está intrinsecamente atrelado às suas habilidades matemáticas (SCOTT, 2012).

Portanto, a Concentração Comum de Soluções foi elencada para a pesquisa pelo fato de ser um conteúdo que pode ser exemplificado facilmente, e que exige conhecimentos matemáticos relativos às operações de multiplicação e divisão, entre outros que podem estar envolvidos na resolução de problemas de Concentração Comum de Solução, tais como números arábicos, sistema de numeração decimal, frações, proporções e operações com números decimais.

Além disso, os problemas de Concentração Comum de Solução também permitem o uso de diferentes representações matemáticas, tanto para a resolução quanto para o enunciado dos problemas, são elas: representações numéricas, tabulações em matrizes, gráficos cartesianos e equações algébricas. Porém, ao mesmo tempo, o conteúdo de Concentração Comum de Solução pode ser abordado por meio de situações que exemplificam fatos do cotidiano, como a

concentração de nutrientes em alimentos e composição de medicamentos, que podem instigar o interesse dos estudantes para a sua resolução.

Ao considerar as implicações pelas quais passam a educação e o ensino de química, faz-se necessário analisar alguns aspectos significativos para pensar a educação em química a fim de torná-la útil para a vida. Assim, ensinar ciência é levar os estudantes a se transformar em homens mais críticos com o ensino que fazemos (CHASSOT, 2000).

Santos e Schnetzler (1996) explicam que o objetivo do ensino de química é colaborar na formação do cidadão, com o intuito de que o aluno participe ativamente da sociedade e saiba tomar as decisões consciente de suas consequências. Esse fato implica em conhecimento químico que não pode ser meramente tido com um fim em si mesmo, mas com o objetivo de desenvolver habilidades básicas que caracterizam o cidadão, como participação e julgamento.

Os processos de ensino e de aprendizagem em química estão relacionados aos conhecimentos básicos de matemática, a exemplo das operações unitárias de multiplicação, divisão e a conversão de números decimais e de unidades de medida. Conforme Gungstone e Champagne (1990), os estudantes que apresentam a dificuldade na obtenção dos conhecimentos básicos de matemática também terão dificuldade na aprendizagem na disciplina de química.

A matemática está presente em muitas áreas do conhecimento, como por exemplo, na engenharia, medicina, física, química, biologia e nas ciências sociais (SANTOS, 2018). Por sua vez, a química é a ciência que estuda a composição, a estrutura, as interações, as transformações e as propriedades dos átomos que compõem os elementos químicos da matéria, das substâncias e das soluções (FENSHAM, 1993).

De acordo com Martins (2020), a química é uma das disciplinas científicas que compõe a tríade das Ciências Naturais (Biologia, Física e Química). Assim, a Ciência Química, dado o seu caráter interdisciplinar, constitui-se em campo de conhecimento central e indispensável para o avanço de outras ciências.

Para Chassot (1995, p. 68), “essa ciência já não é mais considerada objetiva nem neutra, mas preparada e orientada por teorias e/ou modelos com propósitos vinculados à consolidação dos conhecimentos e aplicações no desenvolvimento humano”.

A DCE de Química apresenta os Conteúdos Estruturantes, em que se identificam e organizam os campos de estudo da disciplina, assim como os Conteúdos Básicos, entendidos como conhecimentos fundamentais para cada série da etapa final do Ensino Médio, considerados imprescindíveis para a formação conceitual dos estudantes (PARANÁ, 2008).

Nessa direção, o conteúdo de Concentração Comum de Soluções é apresentado como um desdobramento do conteúdo básico de Soluções que, por sua vez, compõe o conteúdo

estruturante Matéria e sua Natureza. Sobre esse conteúdo especificamente, diversos autores discutem acerca do conceito de Soluções. Para Chang e Goldsby (2013) e Brow *et al.* (2005), uma solução é uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias. Brady e Humiston (1986, p. 19) definem solução como “uma mistura homogênea que possui propriedades uniformes”, ao passo que Vogel (1981, p. 16) define solução como “um produto homogêneo obtido quando uma substância denominada de soluto é dissolvida ou solubilizada em uma outra substância denominada de solvente”, tendo em vista que a água é considerada o solvente universal, devido à capacidade de dissolver uma grande quantidade de soluto.

As soluções podem se apresentar em diferentes estados físicos da matéria, como explica Chang e Goldsby (2013). Uma solução pode ser líquida, como água do mar; sólida, como uma liga metálica; ou gasosa, como o ar, por exemplo. Nas soluções líquidas, a água é um importante composto presente, sendo um dos solventes mais comuns e mais importantes em nosso planeta, que possui a capacidade de dissolver uma variedade de substâncias. Assim, as soluções aquosas são aquelas cuja água é o solvente (BROW *et al.*, 2005; ATKINS *et al.*, 2018).

Segundo Carmo (2005, p. 45), “Soluções são misturas homogêneas, formadas por dois ou mais componentes, nas quais as substâncias que as constituem encontram-se distribuídas de forma uniforme pelo sistema”. Os componentes de uma solução são chamados de soluto e solvente, sendo o soluto a espécie que é dissolvida pelo solvente.

Para Santos e Schnetzler (1996), um grande número de escolas tem dado maior ênfase à transmissão de conteúdos e à memorização de fatos, símbolos, nomes e fórmulas, deixando de lado a construção do conhecimento científico pelos estudantes e a articulação deste ao cotidiano. Assim, os autores afirmam que o ensino de química deve assumir um novo cenário, buscando a promoção de uma educação voltada para a cidadania, para o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de tomada de decisões por parte dos estudantes, partindo da articulação do conhecimento químico de forma problematizada ao contexto social em que o aluno está inserido.

De acordo com Arrigo *et al.* (2020), o conteúdo de Soluções Químicas é suscetível de contextualização, visto que faz parte de nossas ações cotidianas, pois é comum misturarmos componentes que resultam em uma solução, como adoçar o café, preparar um suco em pó, soro caseiro, entre outros. Também estamos cercados de muitos dos materiais que são soluções, como o guaraná, que é composto principalmente por água, além de açúcar, extratos de planta e vários aditivos. Além disso, a água do mar filtrada, que representa uma solução de sal e muitas outras substâncias em água; o bronze, que é uma solução de cobre e zinco; até a atmosfera, que

pode ser considerada uma solução gasosa gigantesca, na qual o componente principal é o gás nitrogênio.

No cotidiano, o sal de cozinha ou cloreto de sódio, que apresenta a fórmula química de NaCl, é um soluto e, quando dissolvido em água, temos um exemplo de solução. Nesse caso, o soluto pode ser separado do solvente após vaporização por aquecimento térmico da água do mar ou durante o cozimento dos alimentos utilizando temperos à base de sal de cozinha.

As soluções podem ser classificadas como saturadas, insaturadas e supersaturadas em relação à capacidade do solvente em dissolver o soluto (VOGEL, 1981). Uma solução saturada é aquela cuja quantidade do soluto é igual à capacidade de solubilização do solvente em uma determinada condição de temperatura e pH, e não ocorre a formação de corpos de fundo após variações no estado de inércia (BROW *et al.*, 2005). Para Brady e Humiston (1986), soluções insaturadas e soluções supersaturadas são aquelas que apresentam, respectivamente, quantidade de soluto inferior e superior à capacidade de solubilização do solvente. Atkins *et al.* (2018, p. 52) afirma que “a formação de uma solução é um processo físico e não um processo químico”, e Russel (2000, p. 27) completa, afirmando que “os componentes de uma solução podem ser separados por processos físicos, isto é, sem uso de reações químicas”.

Segundo Echeverría (1996), estudos mencionam que o conceito de soluções auxilia na aprendizagem de inúmeros conceitos químicos importantes, justificando-se que, por intermédio do referido conteúdo, pode haver a promoção da compreensão de ideias relativas a misturas, substâncias, ligações químicas, modelo corpuscular da matéria, interação química. Também está relacionado a conceitos de funções químicas, equilíbrio químico, tipos de reações químicas e eletroquímica, já que as soluções constituem o meio mais comum de ocorrência de reações químicas.

Shing *et al.* (2013) afirmam ser necessário que o processo de ensino e aprendizagem seja reformulado ou reconduzido diante de como são abordados os conceitos relacionados às Soluções, objetivando evitar confusões e equívocos na formação dos conceitos científicos. Isso porque, muitas vezes, a dificuldade na compreensão do conceito de soluções pode estar relacionada a equívocos de conceitos fundamentais.

Na pesquisa desenvolvida por Ribas *et al.* (2017) com estudantes de nível superior de um curso de Química, foi verificado que os estudantes apresentaram incompreensões em definir corretamente os diferentes tipos de soluções, mostrando dificuldades em interpretar a influência da quantidade de soluto presente na solução, um fator determinante para classificá-la. A identificação ocorreu por meio das representações elaboradas pelos estudantes, que dificilmente consideram as interações entre soluto e solvente.

O estudo de Arrigo, Giuli, Broietti e Júnior (2020), a partir de análise das interações discursivas de uma estagiária do curso de Licenciatura em Química e os estudantes de uma turma de 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública, evidenciou o discurso reflexivo quando a estagiária formula questionamentos que levam os estudantes à (re)construção, negociação e compartilhamento de significados sobre Soluções Químicas.

Já Giulli, Arrigo, Almeida (2018) realizaram uma pesquisa com o objetivo de analisar as compreensões dos estudantes acerca das diferentes unidades utilizadas para expressar a concentração das soluções e identificar suas ideias prévias sobre o assunto. O trabalho serviu como ponto de partida para a construção de um discurso dialógico que levou os estudantes a articularem as ideias iniciais aos conceitos científicos abordados e, assim, propor uma explicação para o problema proposto.

Em uma investigação a respeito da compreensão do conceito de soluções com estudantes da graduação do curso de Química-licenciatura de uma Universidade Estadual do Paraná, Shing *et al.* (2013) concluem que é preciso orientar a reformulação, o processo de ensino e aprendizagem, ou até mesmo a reconduzir as formas como é abordado o conceito de soluções. Isso porque o termo *concentração* em química é utilizado para descrever as quantidades ou massa de soluto presente em um determinado volume de solução (BRADY, HUMISTON, 1986).

Os termos *concentrado* e *diluído* são utilizados para representar quantitativamente as porções que estão relacionadas ao soluto e ao solvente. Quando se tem uma solução concentrada, existe uma quantidade relativamente alta de soluto presente no solvente, e quando está diluída, a quantidade de soluto é pequena (BROW *et al.*, 2005). Chang e Goldsby (2013, p. 145) conceitua diluição como “um processo de preparação de soluções menos concentradas a partir de outras mais concentradas em relação ao soluto”.

Assim, a concentração de uma solução pode ser expressa de diferentes formas, e normalmente é quantitativa (BROW *et al.*, 2005). Pode ser concentração comum (C), concentração molar (M), densidade absoluta (d), etc. O que diferencia cada expressão de concentração são as diferentes grandezas que se relacionam. As quantidades de soluto, solvente e solução podem ser expressas em massa (g, kg, etc.), volume (ml, cm<sup>3</sup>, l, etc.), ou em número de mols (FIOROTTO, 2014).

Conforme Fiorotto (2014), a concentração comum expõe a massa de soluto presente em um determinado volume de solução, e se utiliza a massa em gramas e o volume em litros. O significado físico para concentração comum demonstra quantos gramas de soluto existe em cada litro de solução. A equação 1, abaixo, é a representação matemática da concentração

comum, em que  $m$  representa a massa do soluto,  $V$  representa o volume da solução e  $C$  a concentração comum:

Equação 01:

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

No que tange à definição relacionada à conversão em quantidade de matéria, apresentam-se três grandezas: concentração em quantidade de matéria, quantidade de matéria do soluto e litros de solução. Sendo assim, quando se tem o conhecimento de duas dessas três grandezas, é possível calcular a quantidade de matéria em determinado volume. Em decorrência disso, tem-se a concentração em quantidade de matéria como um fator de conversão entre volume da solução e quantidade de matéria do soluto (BROW *et al.*, 2005).

As situações-problema que envolvem o conteúdo de Concentração Comum de Soluções também podem levar às generalizações matemáticas, possibilitando ao aluno atentar-se às quantidades, relacioná-las e verificar sua variação. Neste sentido, “as diferentes situações-problema permitem estimular o aluno a olhar criticamente para determinadas situações e, por meio delas, olhar para as quantidades, construir generalizações e relações funcionais” (MESTRE, 2014, p. 43).

Para Blanton (2008), o pensamento funcional é um processo que se constitui de construir, descrever e raciocinar sobre funções, e envolve o pensamento algébrico, incluindo generalizações sobre como os dados estão relacionados. Dessa maneira, as situações-problema de Concentração Comum de Soluções possibilitam ao aluno raciocinar além do conteúdo de química, permitindo generalizações, identificando o que é comum e chegando a resultados maiores a partir de situações específicas.

Ellis (2011) caracteriza a generalização como um processo dinâmico, socialmente situado, que se desenvolve por meio de ações colaborativas. Esta perspectiva da generalização atende às interações sociais, às ferramentas, à história pessoal e ao ambiente partilhado por quem se envolve em ações de generalização. A autora define a generalização como uma atividade em que as pessoas, dentro de um contexto sociomatemático específico, se envolvem em ao menos uma das três ações seguintes: a) identificar o que é comum entre os casos; b) estender o raciocínio para além do caso original; c) derivar resultados mais amplos a partir dos casos particulares. Assim, a generalização é um componente crítico da atividade algébrica e tem atraído cada vez mais atenção na matemática escolar.

#### 1.4 Pesquisas associadas à química e à matemática

A busca por pesquisas envolvendo a temática desta pesquisa foi realizada por meio do banco de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Tese e Dissertações (BDTD)<sup>2</sup>, tendo como critérios dissertações publicadas entre os anos de 2000 e 2020, utilizando separadamente os termos de busca: matemática, química, concentração química, soluções químicas e Ensino Médio. Estes termos foram observados nos títulos dos estudos, palavras-chaves e resumos. A partir desta busca, foram identificados 14 trabalhos, dos quais se realizou a leitura de títulos, resumos e introduções. Destes, três foram selecionados por trazerem contribuições para esta pesquisa. O critério utilizado para a seleção destes três trabalhos deve-se ao fato de eles serem voltados ao ensino de química e direcionados ao Ensino Médio.

A dissertação de Santana (2016), intitulada *Matemática aplicada à Química*, é composta de estudos teóricos e ensaios experimentais. A pesquisa teve como objetivo principal mostrar modelos matemáticos aplicados à Química. Para tanto, o autor afirma ser possível a construção desses modelos usando conceitos matemáticos dos Ensinos Fundamental, Médio e Superior.

Já a pesquisa de mestrado de Fontes (2014), intitulada *Aprendizagem de funções por meio da modelagem matemática: um estudo do comportamento de um composto químico*, tem como objetivo principal da investigação o uso da Modelagem Matemática na resolução de problemas para estudar o processamento de compostos químicos de medicamentos. Os dados coletados por meio de formulário de questões e respostas de cinco estudantes e dois professores apontam o ajuste de modelo de regressão matemática para apresentação dos resultados.

Creste (2019), no trabalho *O esvaziamento dos conteúdos matemáticos no currículo do estado de São Paulo: consequências no ensino da química*, desenvolveu sua pesquisa com o objetivo de promover o resgate dos conteúdos matemáticos que instrumentalizam o ensino de química. Os resultados da sequência didática implementada comprovaram defasagem dos conteúdos matemáticos e falta de articulação desses conteúdos com as demais ciências. O ensino de matemática, assim como o de química, é pautado na pedagogia das competências, mas a prática docente não promove um ensino contextualizado, capaz de desenvolver a capacidade do aprender a aprender.

As pesquisas elencadas acima contribuíram com este trabalho ao apresentar aproximações e inter-relações da Matemática com a Química. De modo mais específico, o trabalho de Creste (2019) dialoga diretamente com a proposta aqui apresentada, pois o

---

<sup>2</sup> <https://bdtd.ibict.br/vufind/outora>

pesquisador também trabalha com o conteúdo de Química, com estudantes que estão finalizando a Educação Básica e se apresentam esvaziados de conhecimento de matemática, a exemplo das operações de divisão e multiplicação com números decimais. Creste (2019) comprova, por meio de dados, a defasagem dos conteúdos básicos de matemática do Ensino Fundamental e a falta de articulação desses conteúdos com as demais ciências.

Além do estudo das dissertações, também realizamos buscas por artigos científicos no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), utilizando os mesmos termos da busca: matemática, química, concentração química, soluções químicas e ensino médio. Identificamos quatro pesquisas, sendo uma de concentração química e três de soluções químicas no Ensino Médio.

Apresentamos, a seguir, informações desses trabalhos que consideramos essenciais para a presente dissertação. O artigo de Rizzatti, Zanette e Mello (2009), relacionado à concentração química, teve como objetivo enfatizar o papel da experimentação nas aulas de físico-química como forma de estimular os estudantes a atuarem na pesquisa, construindo conhecimentos múltiplos da área de química, além de planejar atividades experimentais para discutir e aprofundar o conhecimento sobre a natureza da ciência química. De acordo com os autores, esse conhecimento pode influenciar a aprendizagem dos estudantes, relacionando as teorias com prática experimental.

A coleta dos dados foi realizada por estudantes por meio da utilização do equipamento potenciômetro, e a construção da curva de potencial em função do logaritmo da concentração molar de surfactante. Os autores também enfatizam o papel da experimentação nas aulas de físico-química como forma de estimular os estudantes a atuar na pesquisa, construindo conhecimentos múltiplos da área de química. Entre as conclusões apresentadas no estudo, destacamos o apontamento da necessidade de utilização de metodologias diversificadas no ensino de química, não sendo adequado o entendimento de que a demonstração ou comprovação de um fenômeno é suficiente para a aprendizagem.

O artigo de Gandra, Faria e Santos (2013), relacionada às Soluções, teve como objetivo realizar atividades para a formação geral e específica dos discentes, bem como para o enriquecimento pedagógico dos docentes que, porventura, possam utilizar essas atividades. O estudo aponta a importância da integração de vários conhecimentos entre as áreas, ressaltando a interdisciplinaridade como elemento essencial, que atua como organizador do currículo.

A pesquisa de Niezer, Foggiatto e Fabri (2015) teve como objetivo promover a compreensão dos conceitos sobre soluções químicas por meio de uma visita de estudo à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). O estudo alerta que os documentos

referenciais da educação mencionam a necessidade de um trabalho didático pensado por meio de estratégias variadas e que valorize elementos cotidianos dos estudantes na perspectiva de auxiliá-los na compreensão de conceitos científicos. Os autores enfatizam que, muitas vezes, a disciplina de química encontra-se metodologicamente defasada, vazia de significados e descontextualizada.

Em relação ao conteúdo de Soluções, esses autores ressaltam que o referido conceito é abordado em sala de aula com ênfase nos cálculos e aplicações de fórmulas, sem relações com a vida cotidiana, valorizando os aspectos quantitativos do conteúdo. Niezer, Foggiatto e Fabri (2015) reconhecem que o conteúdo de Soluções remete ao conhecimento prévio de outros conceitos químicos, bem como à aplicação de fórmulas e equações de aspectos quantitativos.

A referida pesquisa está relacionada às soluções químicas e teve como objetivo desenvolver e analisar o ensino do conteúdo químico soluções, relacionando-o ao cotidiano dos estudantes no enfoque CTS, contribuindo para a Alfabetização Científica e Tecnológica. O estudo enfatiza que os conceitos químicos sobre soluções são considerados de difícil compreensão, principalmente por relacionar fórmulas e cálculos matemáticos ao estudo de química.

No âmbito internacional, a pesquisa desenvolvida por Scott (2012) também traz contribuições para a presente investigação. O autor menciona que a compreensão matemática é um fator importante, que contribui para o sucesso de um aluno em qualquer curso de ciência, e que a habilidade matemática está intrinsecamente atrelada ao desempenho do aluno em cálculos químicos.

Ao desenvolver sua pesquisa com estudantes escoceses a partir de resoluções de questões de matemática e de química, Scott (2012) concluiu que o principal motivo de dificuldades nas perguntas mais fáceis de química foi devido à falta de entendimento das operações matemáticas básicas, como divisão e multiplicação, principalmente quando usadas em conjunto com frações ou proporções. O autor indica que, primeiramente, os estudantes manifestam dificuldades em matemática básica, habilidades necessárias aos cálculos químicos. Outro fator que o autor menciona é em relação às habilidades matemáticas dos estudantes, que podem não estar bem compreendidas e, portanto, utilizadas algorítmicamente. Esta abordagem algorítmica do ensino de matemática dificulta a capacidade de resolução em outras disciplinas, principalmente nas ciências.

Após o estudo dessas pesquisas, reitera-se que os conteúdos relacionados às soluções químicas são considerados de difícil compreensão, e os principais motivos estão ligados ao fato de relacionarem fórmulas e cálculos matemáticos. Ademais, pode-se afirmar que eles

apresentam contribuição ao ensino do conteúdo de Concentração Comum de Soluções, apontando considerações específicas para a disciplina de química, porém, não expõe de maneira evidente a interface dos conhecimentos matemáticos com o conteúdo de Concentração Comum de Soluções.

Sendo assim, esta pesquisa se diferencia das demais apresentadas nesta seção pelo fato de possuir um caráter de investigação direcionado à interface entre matemática e química, voltada ao objeto de estudo de situações-problema de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos do Ensino Médio, identificando e classificando situações-problema relacionadas ao campo conceitual multiplicativo.

Por meio da interpretação dos documentos e estudos mencionados neste primeiro capítulo, pode-se afirmar que: (1) o ensino da disciplina de química depende de conhecimentos de conteúdos básicos da disciplina de matemática (SANTANA, 2016; CRESTE, 2019; GANDRA; FARIA; SANTOS, 2013; NIEZER; FOGGIATTO; FABRI, 2015; SCOTT, 2012); (2) as dificuldades de estudantes na aprendizagem de alguns conteúdos químicos, a exemplo de Concentração Comum de Soluções, pode estar relacionada às suas incompreensões em matemática (NIEZER; FOGGIATTO; FABRI, 2015; NIEZER; FOGGIATTO; SAUER, 2016; SCOTT, 2012); (3) a compreensão dos estudantes nas operações matemáticas de multiplicação e divisão, além de conceitos e ideias sobre números decimais, frações, volume, proporções entre grandezas, conversão de unidades de medida e desenvolvimento do pensamento funcional são fundamentais para a compreensão da Concentração Comum de Soluções (NIEZER; FOGGIATTO; FABRI, 2015; NIEZER; FOGGIATTO; SAUER, 2016; SCOTT, 2012; CRESTE, 2019), sendo todos estes elementos citados pertencentes ao Campo Conceitual Multiplicativo (VERGNAUD, 2009; GITIRANA *et al.*, 2014); e (4) não foram identificadas pesquisas que analisam ou mostram a diferença entre diferentes tipos de problemas e classificam problemas de Concentração Comum de Soluções, conforme a proposta desta pesquisa.

Destarte, considerando que o livro didático é um material importante para o cotidiano escolar, influenciando diretamente no processo de ensino e de aprendizagem, muitas vezes se configura como o principal material utilizado pelo professor, além de servir de apoio pedagógico e para a realização das atividades pelos estudantes (COSTA; ALLEVATO, 2010); e considerando a importância de diferenciar as estruturas dos problemas para que os estudantes possam desenvolver novos esquemas e novas aprendizagens ao longo do processo escolar (VERGNAUD, 2009b), justificamos o desenvolvimento da pesquisa com vistas a responder a seguinte questão: *Como se caracterizam as situações-problema de Concentração Comum de*

*Solução em livros didáticos de Química do Ensino Médio?* Deste modo, no próximo capítulo apresentamos a TCC como aporte teórico para a análise das situações-problema de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos de Química.

## **2. A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS**

Neste capítulo, descrevemos os principais elementos da Teoria dos Campos Conceituais (TCC) utilizados nesta pesquisa, com enfoque no campo Conceitual Multiplicativo e a classe de Proporção Simples.

### **2.1 Aspectos da TCC considerados neste estudo**

A TCC se interessa pelas diferentes situações-problema associadas a um conceito, desenvolvidas gradualmente no processo escolar e que, por consequência, envolvem outros conceitos e esquemas que são exigidos do estudante para resolver de maneira adequada as situações abordadas, assim como palavras e símbolos que podem representar os conceitos de forma eficaz (VERGNAUD, 1996b).

Ainda que não se trate especificamente de uma teoria didática, ela traz contribuições e implicações para a didática. Vergnaud (1996a) supõe que a essência do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização. Logo, deve-se dar atenção aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise das situações para as quais os estudantes desenvolvem seus esquemas, na escola ou fora dela (VERGNAUD, 1996a).

A TCC visa fornecer um quadro coerente e alguns princípios de base para o estudo do desenvolvimento e da aprendizagem de competências complexas, que são relacionadas com a ciência e a técnica. Por se tratar de uma teoria cognitivista, objetiva propor, de maneira coerente, princípios fundamentais necessários ao desenvolvimento e à aprendizagem das competências complexas, que dependem de domínio de conceitos e competências mais simples (VERGNAUD, 1993).

Para Vergnaud (1990), o desenvolvimento cognitivo se dá principalmente por meio de um vasto repertório de esquemas, que são elaborados pelos sujeitos ao enfrentar e dominar as várias situações que lhes são apresentadas.

Assim, a TCC proporciona, ao professor, um olhar para o modo de seleção e organização de situações que permitem proporcionar novas aprendizagens aos estudantes, ao mesmo tempo em que possibilitam a análise do desenvolvimento dos sujeitos em um determinado campo conceitual (VERGNAUD, 2009b). Deste modo, entende-se o professor como mediador, que organiza as atividades, situações para serem vivenciadas pelo aluno.

A TCC foi proposta por Gérard Vergnaud, tendo como gênese a Teoria Piagetiana e o legado de Vygotsky. Este fato fica perceptível na importância atribuída à interação social, à linguagem e à simbolização no progressivo domínio de um campo conceitual pelos estudantes.

Logo, a tarefa mais difícil é a de prover oportunidades aos estudantes para que desenvolvam seus esquemas na zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY, 1998, p. 181).

Para o pesquisador, os Campos Conceituais são unidades de estudo frutíferas, capazes de dar sentido aos problemas e às observações feitas em relação à conceitualização. Assim, um campo conceitual significa “[...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, interligados durante o processo de aquisição” (VERGNAUD, 1982, p. 40, tradução nossa).

Tendo em vista que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização, Vergnaud (1994) menciona que é necessário dar 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. Desse modo, o pesquisador estabelece a definição para conceito, do ponto de vista cognitivo.

Vergnaud define conceito como um triplete de três conjuntos (1982; 1990; 1993,  $C = (S, I, R)$ ), em que S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é um conjunto de invariantes (objetos, propriedades e relações) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou o conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto; e R é um conjunto de representações matemáticas (língua natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

Nessa direção, o primeiro conjunto, de situações, é o referente do conceito; o segundo, de invariantes operatórios, é o significado do conceito; ao passo que o terceiro, de representações matemáticas, é o significante. Em síntese mais pragmática, considera-se um conceito como um conjunto de invariantes utilizáveis na ação, mas esta definição envolve um conjunto de situações que constituem o referente e um conjunto de esquemas postos em ação pelos sujeitos nessas situações. Em vista disso, o triplete (S, I, R), em termos psicológicos, define que S é a realidade e (I, R) são a representação que pode ser considerada como dois aspectos interagentes do pensamento, o significado (I) e o significante (R) (VERGNAUD, 1998, p. 141).

Entretanto, como são as situações que dão sentido ao conceito, e considerando que são os esquemas evocados pelo sujeito que dão sentido a uma dada situação, Vergnaud estabelece a definição para esquema. Para Vergnaud, esquema é a forma de organização da atividade pelo

sujeito. Vergnaud (2003) ilustra como exemplo de esquema a seguinte situação: procurava-se na França um estádio que pudesse receber um grande número de espectadores, sendo citado o estádio de Nantes. No entanto, o responsável pelo estádio não soube informar a capacidade de pessoas. Para buscar esta resposta, foi elaborada a seguinte ação: solicitou-se que dois funcionários contassem as cadeiras do estádio em dois dias. Porém, se estas pessoas tivessem apenas recursos elementares de contagem, não conseguiriam dar conta da situação-problema.

De acordo com Vergnaud (2003), primeiramente as duas pessoas que fizeram a contagem, dividiram o trabalho, cada qual contando uma parte e, após, juntaram as duas contagens (Teorema-em-ação da adição: o cardinal do todo é igual à soma dos cardinais das duas partes). Elas também poderiam contar o número de pessoas em cada fila, o número de filas e multiplicar um pelo outro. Ainda, um deles poderia contar a fileira debaixo e outro a fileira de cima, fazer uma média entre esses valores e multiplicar a média pelo número de filas. Nesse caso, pode-se perceber como uma situação aparentemente simples de contagem pode proporcionar uma atividade aprimorada, sendo os esquemas representados pela organização das ações dos sujeitos em situação. Estes *esquemas de contagem* foram enriquecidos por diferentes conceitos e elaboração de estratégias para serem solucionados.

Vergnaud (1993) menciona que o funcionamento cognitivo dos estudantes envolve operações que se automatizam progressivamente a partir de diferentes experiências, situações vivenciadas no decorrer do processo de escolarização. Desse modo, o sujeito constrói, na ação, novos esquemas, que podem ser reelaborados a cada situação vivenciada pelo estudante.

As componentes constituintes dos esquemas são: objetivo, regras de ação e controle, invariantes operatórios e inferência. Dentre esses elementos, Vergnaud (1993) enfatiza os invariantes operatórios, formados por teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, por serem indispensáveis na articulação entre situação e esquema.

De acordo com Vergnaud (1982, p. 81), “[...] um invariante é uma propriedade ou é uma relação que é conservada sobre um certo conjunto de transformação”. O pesquisador estabelece três tipos de invariantes operatórios: proposições (teoremas-em-ação), que são suscetíveis de ser verdadeiras ou falsas; função proposicional (conceitos-em-ação), que não são suscetíveis de ser verdadeiras ou falsas, podendo ser apenas pertinentes ou não para a situação e argumento que, em matemática, podem ser números, relações etc., que se referem ao uso dos dois tipos anteriores. O autor também aponta que quem diz função proposicional e proposição, diz argumento.

Em contextos escolares e especificamente diante da resolução de situações-problema, o aluno mobiliza um conjunto de circunstâncias e condições intra e extraescolares conhecidas,

podendo evocar implicitamente um pensamento relevante e perceber predicados que a caracterizem, tendo à sua disposição um sistema de informações que possibilitam a resolução da situação.

Os conceitos-em-ação permitem que o sujeito identifique elementos conhecidos nas situações, enquanto os teoremas-em-ação fornecem as regras que permitirão vincular tais elementos e agir sobre a situação. Os teoremas em ação podem ser considerados “relações matemáticas que são levadas em consideração pelos estudantes, quando estes escolhem uma operação, ou uma sequência de operações, para resolver determinado problema” (GITIRANA *et al.*, 2014, p. 22).

Sendo assim, os invariantes operatórios são responsáveis pela ação do sujeito ao enfrentar uma situação que pode ser, por exemplo, a resolução de uma situação-problema em sala de aula, mas essa ação pode ser ou não apropriada.

Vergnaud (2009b) estabelece os termos *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação* como tipos dos invariantes operatórios. Ambos têm foco na ação, por exemplo, quanto aos conceitos-em-ação do aluno, que mobiliza conceitos matemáticos implícitos em uma determinada situação, enquanto os teoremas-em-ação seriam proposições tidas como verdadeiras ou falsas na ação.

Na próxima seção apresentamos as principais ideias do Campo Conceitual Multiplicativo.

## **2.2 O Campo Conceitual Multiplicativo**

O Campo Conceitual Multiplicativo pode ser definido como um conjunto de problemas e situações que envolvem multiplicação e/ou divisão na sua resolução, e a resolução desses problemas demanda um conjunto de conceitos, propriedades e representações matemáticas.

Nesse contexto, no que se refere a situações e dificuldades dos estudantes ao resolvê-las, Vergnaud (2009a) destaca que as multiplicações mais simples são as que o multiplicador tem apenas um algarismo. Porém, se a criança possui dificuldades com a reserva na adição, provavelmente terá com a multiplicação. A segunda dificuldade na multiplicação está relacionada à multiplicação pela base (base dez, base três), e a terceira dificuldade diz respeito à decomposição aditiva da multiplicação e distributividade da multiplicação em relação à adição.

A multiplicação por um número de muitos algarismos, com ao menos um algarismo à esquerda dos algarismos das unidades diferente de 1, pressupõe uma dupla decomposição

aditiva e multiplicativa. Ainda em relação à multiplicação, Vergnaud (2009a) aduz que os zeros intercalares do multiplicando representam menor dificuldade, do mesmo modo que a presença de uma vírgula no multiplicando não traz dificuldades. Os zeros intercalares no multiplicador e a presença de uma vírgula representam armadilhas nas quais os estudantes caem com facilidade. Essas armadilhas ou complicações podem ser devido a (i) multiplicar um número com vírgula significa multiplicar por um número não inteiro e, portanto, se está diante de um problema multiplicativo muito complexo; e (ii) o algoritmo da multiplicação contendo um número com vírgula compreende um emaranhado de transformações multiplicativas que não são bem compreendidas pelos estudantes, até mesmo ao concluir o ensino elementar.

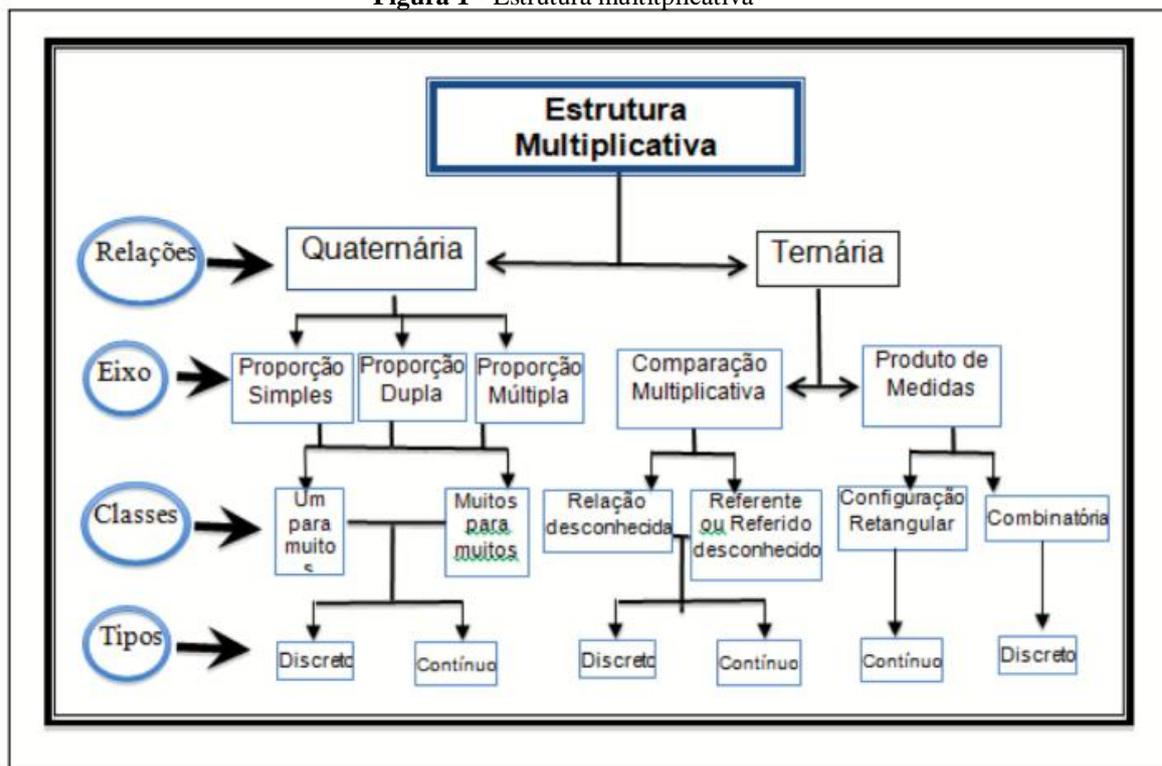
Assim como para a multiplicação, o autor apresenta que, para a divisão, as principais dificuldades não se encontram no dividendo, mas no divisor, podendo ser um número com muitos dígitos, um número decimal ou um decimal menor do que 1. A divisão é uma operação complexa e existem várias causas para essa complexidade, sendo algumas de ordem conceitual e outras relacionadas à incompreensão das regras operatórias envolvidas na divisão. No plano das regras operatórias, a divisão é a mais complexa dentre as quatro operações, porque implica adição, subtração, multiplicação, e a busca pela divisão ao mesmo tempo. Não é surpreendente se muitas crianças não a dominam como deveriam ao final dos anos iniciais do Ensino Fundamental, e que a divisão por um número decimal pareça fora do alcance da maioria das crianças dessa idade (VERGNAUD, 2009a).

Os problemas de Estruturas Multiplicativas são estabelecidos como um conjunto das situações que envolve uma (ou mais) multiplicação e/ou divisão. Suas classes de problemas são Isomorfismo de Medidas e Produto de Medidas (VERGNAUD, 2009b).

Em vista do exposto, a multiplicação não deve ser apresentada ao aluno somente como uma soma de parcelas iguais, mas abranger todos os conceitos que perpassam a multiplicação, que são ideias de proporcionalidade, divisão, combinatória, adição de parcelas iguais e organização retangular (VERGNAUD, 2009b).

Para melhor compreensão dessa estrutura, apresentamos a Figura 1, relativa a um esquema do Campo Conceitual Multiplicativo contendo todos os elementos dessas relações.

Figura 1 - Estrutura multiplicativa



Fonte: Merlini, Santos e Magina (2015, p. 3).

Para Vergnaud (2009a), no Isomorfismo de Medidas, a relação é quaternária por considerar quatro quantidades, sendo duas quantidades de medidas de certo tipo e duas outras medidas de outro tipo. Segundo o autor, uma relação é tida como quaternária quando há quatro quantidades, relacionadas duas a duas de mesma grandeza, em que são dadas três quantidades e procura-se pela quarta. A relação quaternária é formada por três eixos: proporção simples, proporção dupla e proporção múltipla. Cada um desses eixos subdivide-se em duas classes: um para muitos e muitos para muitos, e cada uma dessas classes admite quantidades dos tipos discreta e contínua.

No que tange à relação ternária, ela se compõe por dois eixos: comparação multiplicativa e produto de medidas. A comparação multiplicativa pode ser trabalhada com as seguintes classes: referido, referente ou relação desconhecida. Essas classes podem ser trabalhadas com quantidades do tipo discreta ou contínua. Já o eixo produto de medidas é composto por duas classes: configuração retangular e combinatória. Em situações desse eixo, temos duas quantidades e procuramos a terceira, que será resultado da composição dos dois elementos presentes na situação. Para tanto, na classe configuração retangular, o tipo de quantidade que se pode trabalhar é especificamente a contínua. Quanto à classe de combinatória, esta se apresenta apenas e tão somente com quantidades do tipo discreta. Em contrapartida, a comparação multiplicativa pode ser trabalhada com as classes: referido, referente ou relação

desconhecida. Essas classes podem ser trabalhadas com quantidades do tipo discreta ou contínua. O produto de medidas é composto por duas classes: configuração retangular e combinatória. Em situações desse eixo temos duas quantidades e procuramos a terceira, que será resultado da composição dos dois elementos presentes na situação. Por fim, na classe configuração retangular, o tipo de quantidade a ser trabalhado é especificamente a contínua. Quanto à classe de combinatória, apresenta-se apenas com quantidades do tipo discreta.

O Campo Conceitual Multiplicativo é vasto e dentre os conceitos trabalhados nesse campo, enfocamos as relações quaternárias, eixo de proporção simples, classe um para muitos, do tipo discreto ou contínuo.

Conforme Vergnaud (2003), as relações quaternárias são aquelas que relacionam entre si quatro quantidades de duas grandezas, sendo diferente das relações ternárias, que são aquelas que relacionam três quantidades, em que uma é o produto das outras duas. Nessa direção, para Vergnaud (1996a), a proporção simples é o tipo mais simples de uma situação multiplicativa, envolvendo relações quaternárias, sendo a base dos conceitos de proporção. Magina, Santos e Merlini (2014, p. 522) compreendem que a proporção simples “envolve relação entre quatro quantidades, sendo duas de uma natureza e as outras duas de outra natureza”. Destacamos que ela envolve as classes de um para muitos e de muitos para muitos. Dessa forma, uma situação-problema será da classe de um para muitos quando estiver explícita a correspondência entre uma unidade de medida de uma grandeza com a medida de outra grandeza.

O interesse da nossa pesquisa é sobre a classe de *Proporção Simples*. Tal estrutura compreende uma relação quaternária, envolvendo quatro quantidades, duas a duas de medidas diferentes. Para Gitirana *et al.* (2014), os problemas de Proporção Simples representam situações que consistem de uma relação de proporcionalidade entre quatro grandezas, duas a duas da mesma espécie, que estão relacionadas por uma taxa entre as grandezas de diferentes espécies.

Com vistas a descrever cada subclasse de proporção simples e exemplificar com um problema e seu esquema sagital, apresentamos exemplos advindos de livros didáticos. Essas situações foram retiradas de livros didáticos de Química do Ensino Médio (CISCATO, 2016; FONSECA, 2016; LISBOA, 2016; MORTIMER; MACHADO, 2016; NOVAIS; ANTUNES, 2016; SANTOS, 2016). O critério utilizado para a seleção das situações-problema foi relacionado à apresentação de variação de situações de acordo com cada subclasse. Ressaltamos que esta classificação possibilita, ao professor, reflexões e aportes de cunho pedagógico, no sentido de selecionar uma variedade de classes a serem propostas aos estudantes.

Desse modo, o Quadro 1 apresenta uma situação-problema da classe de Multiplicação um para muitos. Segundo Gitirana *et al.* (2014), para os problemas do tipo de *Proporção Simples – 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.

Observa-se o seguinte exemplo presente no livro didático:

**Quadro 1** - Problema 1: proporção simples multiplicação um para muitos

<p>Para um frasco de cloridrato de nafazolina (0,25mg/ml) contendo 15 ml, por exemplo, tem-se:</p> $0,25 = x/15$ $0,25 \times 15 = x$ $x = 3,75 \text{ mg de nafazolina}$
---

Fonte: Lisboa (2016, p. 17).

O esquema sagital de um problema de proporção simples envolve a correspondência de dois tipos de medidas distintas.

Desse modo, temos o esquema sagital para o Problema 1:

$C = 0,25 \text{ mg/ml}$	
	
Volume (ml)	Massa (mg)
1	0,25
15	$x$

No caso do Problema 1, as grandezas envolvidas são volume e massa. Especificamente para problemas que envolvem Concentração Comum de Solução, com base em Vergnaud (2009), nossos estudos mostram que a Concentração Comum de Soluções, dada por  $C = m/V$ , é o operador-função que permite passar de uma categoria a outra (VERGNAUD, 2009a), ou seja, a concentração  $C$  (miligramas/mililitros) permite passar de Volume (ml) para Massa (mg).

Nesse problema, a concentração comum é conhecida, ela representa o operador-função  $C = 0,25 \text{ mg/ml}$ , que também é utilizado para identificar a massa (em miligramas) em 1 ml de volume de uma concentração qualquer. Deste modo,  $C = 0,25 \text{ mg/ml}$  permite identificar a massa correspondente ao volume em 1 ml de solução, como também em 15 ml dessa mesma solução.

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos para identificar a massa necessária para uma concentração com 15 ml:

$$1ml \rightarrow 0,25mg$$

$$15ml \rightarrow x$$

Ou seja,

$$x \times 1ml = 0,25mg \times 15ml$$

$$x = 0,25mg \times \frac{15ml}{1ml} = 3,75mg$$

Assim, observamos que a massa para uma solução que possui 15 ml de Volume e Concentração de 0,25mg/ml corresponde a 3,75mg, respondendo à pergunta do Problema. Em seguida, apresentamos o segundo problema no Quadro 2.

**Quadro 2 - Problema 2: proporção simples partição**

Calcule a concentração de uma solução de medicamento com volume de 20ml, que possui 300mg de diclofenaco de potássio.

Fonte: adaptado de Lisboa (2016).

Para Gitirana *et al.* (2014), nos problemas do tipo de *Proporção Simples – Partição*, identifica-se a taxa que relaciona duas grandezas de natureza diferentes que, em termos numéricos, corresponde ao valor da unidade. Esse tipo de problema também pode ser resolvido com a propriedade linear das relações de proporcionalidade.

Desse modo, a situação-problema apresentada no Quadro 2 corresponde a uma situação-problema da classe de partição. As grandezas envolvidas no problema 2 são volume e massa. Como já foi apresentado anteriormente, a Concentração Comum de Soluções é o operador-função que permite passar de uma grandeza a outra (VERGNAUD, 2009a).

Em vista disso, o problema 2 resume-se em identificar a taxa que relaciona a medida da massa com a medida de volume, que em termos numéricos corresponde ao valor de cada unidade; no caso, a quantidade de massa (em mg) para 1 ml de solução. Dessa forma, a resolução desse problema pode ser realizada de acordo com o sistema sagital apresentado a seguir.

C = desconhecida

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

Como foi solicitado o valor da concentração, a resolução é feita pela razão entre o volume e a massa. Para esse problema, a partir da análise horizontal, podemos identificar o valor do operador-função. Contudo, primeiramente precisamos olhar para o escalar 20 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 1 ml para 20 ml. De modo análogo, se observarmos a grandeza massa e aplicarmos o mesmo escalar 20, obtemos  $x = 15mg$ .

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$1ml \rightarrow x \text{ mg}$$

$$20ml \rightarrow 300mg$$

Ou seja,

$$x \times 20ml = 300mg \times 1ml$$

$$x = \frac{300mg \times 1ml}{20ml}$$

$$x = 15mg$$

Nesse problema, a análise horizontal envolve a noção de relação numérica e o quociente de dimensões, isto é, a busca de um operador-função que permite passar de uma grandeza para outra. Em outras palavras, é a busca de Volume para Massa, que na química é representado pela Concentração Comum de Soluções. Para tanto, temos a seguinte interpretação:

Se em 1 ml de solução tem-se 15 mg de soluto, e em 20 ml de solução tem-se 300 mg, temos a constante de proporcionalidade 15mg/ml, dada pela expressão:

$$\frac{300mg}{20ml} = \frac{15mg}{1ml}, \text{ que representa o operador-função.}$$

Assim, observamos que o volume de 20 ml possui 300mg de massa de diclofenaco de potássio, com uma concentração comum de 15mg/ml, respondendo à pergunta do enunciado do Problema 2.

A apresentação desse esquema sagital mostra que o problema é classificado como de proporção simples do tipo partição, já que no enunciado pode ser identificada a taxa ou relação entre duas grandezas, e ele pode ser resolvido com a propriedade linear das relações de proporcionalidade, conforme descrito por Gitirana *et al.* (2014).

A situação-problema 3 apresentada no Quadro 3 refere-se à proporção simples cota.

**Quadro 3 - Problema 3: proporção simples cota**

Calcule o volume de uma solução que possui 100 g de um sal com concentração de 2g/ml.

Fonte: adaptado de Santos (2016).

Para Gitirana *et al.* (2014), os problemas do tipo de *Proporção Simples – Cota* apresentam o valor correspondente à unidade, uma quantidade dada, e se busca saber quanto corresponde a dada quantidade; ou ainda, quantas cotas ou grupos se pode obter com a quantidade dada. A análise das dimensões entre as grandezas de espécies diferentes faz com que o aluno encontre dificuldade de associar a resolução com a divisão, resolvendo muitas vezes através de agrupamentos com subtrações sucessivas. Na subclasse Cota, o valor da razão é encontrado ao fazer a divisão entre o segundo valor pelo primeiro das grandezas de mesma espécie.

Diante disso, as grandezas envolvidas no problema 3 são volume e massa. Considerando que a Concentração Comum de Soluções, dada por  $C = m/V$ , é o operador-função que permite passar de Volume (ml) para Massa (g). Assim, o esquema sagital para o Problema 3 é:

$C = 2g/ml$	
	
Volume (ml)	Massa (g)
1	2
$x$	100

A partir deste esquema sagital, classifica-se o problema 3 como proporção simples do tipo cota, pois a resolução pode ser realizada pela razão entre as duas grandezas dadas no enunciado da questão: a razão entre a massa e o volume.

A partir do esquema sagital em que conhecemos o operador-função  $C = 2g/ml$ , identificamos que, para 1 ml de volume, obtém-se massa igual a 2g. Analogamente, quando olhamos para a situação-problema proposta, devemos identificar o volume quando se tem massa igual a 100 g, significa que aplicamos o operador-função a partir da razão entre a massa e o volume, em que se busca a quantidade de unidades referente ao volume para a massa de 100 g.

Além disso, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$1ml \rightarrow 2g$$

$$x \rightarrow 100g$$

Ou seja,

$$x \times 2g = 1ml \times 100g$$

$$x = \frac{1ml \times 100g}{2g}$$

$$x = 50ml$$

Assim, observamos que, em uma solução com concentração comum de 2g a cada ml e massa de 100g, temos o respectivo Volume de 50ml, respondendo à pergunta do enunciado do Problema 3.

No Quadro 4, as grandezas envolvidas no problema 4 são volume e massa. Nesse problema, a razão entre os volumes ( $x = 600/200$ ) é o número inteiro 3. Segundo Gitirana *et al.* (2014), pode-se afirmar que em problemas como esse, percebe-se mais facilmente a possibilidade de utilização da propriedade linear de proporcionalidade, calculando a razão entre as grandezas de medidas da massa e do volume, conforme mostrado a seguir.

**Quadro 4 - Problema 4 - proporção simples quarta proporcional.**

O leite é um alimento rico em cálcio. Sabendo que em 200 ml de leite há 335 mg de Cálcio, determine a quantidade de Cálcio ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 600 ml de leite.
---

Fonte: adaptado de Lisboa (2016).

Segundo Gitirana *et al.* (2014), os problemas do tipo de Proporção Simples – Quarta Proporcional possuem o grau de dificuldade centrado no fato de que os dois valores dados de uma grandeza podem ser ou não múltiplos entre si. As autoras ainda afirmam que, quando as quantidades de uma mesma grandeza são múltiplas, pode-se usar mais facilmente o teorema-em-ação relacionando à Propriedade Linear da Proporcionalidade, aplicando a razão entre as medidas da mesma grandeza.

Em situações mais complexas para esse tipo de problema, quando as medidas de duas grandezas conhecidas não são múltiplas, é comum o aluno recuperar o valor da unidade que corresponde numericamente à taxa e, com ele, conseguir um valor correspondente ao número de unidades solicitados no problema. Sendo assim, primeiro encontra o valor da unidade, como

em um problema de partição, e depois resolve o problema como se fosse um para muitos (GITIRANA *et al.*, 2014).

As autoras ainda mencionam a estratégia de *regra de três*, muitas vezes memorizada pelos estudantes. Neste caso, segundo Gitirana *et al.* (2014), o aluno entende que a razão se mantém em uma proporcionalidade, a razão entre duas grandezas de mesma natureza é igual a razão entre as grandezas correspondentes. A estratégia de regra de três pauta-se no fato de as razões serem iguais. Ao fazer uso da regra de três, o aluno aplica uma propriedade das proporcionalidades, na qual o produto dos meios é igual ao produto dos extremos.

Vergnaud (2003) considera o Produto de Medidas a segunda grande forma de relação multiplicativa, que consiste em uma relação ternária entre quantidades, das quais uma é o produto das duas outras, ao mesmo tempo no plano numérico e no plano dimensional (VERGNAUD, 2009a).

Para mostrar que o problema 4 pode ser classificado na subclasse quarta proporcional, é possível utilizar a propriedade linear da proporcionalidade:

$$f(200ml) = f(3 \times 200ml) = 3 \times f(200ml)$$

Em seguida, reconhece-se a razão entre as quantidades de Volume (ml), em que se observa que, em uma relação de proporcionalidade, sendo a quantidade de massa (mg de Cálcio), teremos no Volume de 600 ml de leite o triplo da quantidade de massa de Cálcio que temos em 200 ml de leite. Portanto, utiliza-se a relação da proporcionalidade com uma medida diferente da unidade. Esse uso exige uma generalização da validade da propriedade  $f(A \times B) = Af(B)$ , voltando ao problema:

$$f(600ml) = 3 \times f(200ml) = 3 \times 335mg = 1005mg$$

No que diz respeito ao esquema sagital do Problema 4, sendo a concentração dada por 1,675 mg/ml, temos:

C = 1,675mg/ml	
Volume (ml)	Massa (mg)
200	335
600	x

Nota-se, no esquema sagital, que a concentração (C) foi calculada pela divisão da massa pelo volume de 200 ml. A partir desse esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$200ml \rightarrow 335mg$$

$$600ml \rightarrow x$$

Ou seja,

$$x \times 200ml = 600ml \times 335mg$$

$$x = \frac{600ml \times 335mg}{200ml}$$

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

Face ao exposto, observamos que em 200ml de leite há 335mg de cálcio, e ao ingerir 600ml de leite, ingere-se 1005 mg de cálcio, respondendo à pergunta do Problema 4.

Os quatro exemplos apresentados acima mostram que os problemas de Concentração Comum de Solução podem ser classificados com base na classificação de problemas do Campo Multiplicativo, conforme a teoria dos campos conceituais (VERGNAUD, 2009a). Mais especificamente, os problemas de Concentração Comum de Solução são do tipo proporção simples, apresentando a variedade de suas quatro subclasses (GITIRANA *et al.*, 2014): um para muitos, partição, cota e quarta proporcional.

A realização desta revisão da literatura forneceu suporte teórico e metodológico para a construção dos procedimentos metodológicos para a investigação, que estão apresentados no capítulo seguinte.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os elementos teóricos que subsidiaram esta pesquisa foram apresentados nos dois primeiros capítulos desta dissertação. Com base nessas considerações, explicitamos neste capítulo os aspectos metodológicos que nortearam o estudo desenvolvido.

A pesquisa é um processo de construção, de produção de ideias novas e de modelos, enriquecendo simultaneamente as construções locais do pesquisador e o próprio marco da teoria assumida (GONZALES REY, 2005). Tendo a finalidade de compreender um processo que envolve inúmeras fases, desde a adequada formulação do problema até a análise e interpretação dos resultados, Gonzales Rey (2005, p. 106) enfatiza o processo de pesquisa como a

[...] imersão viva do pesquisador no campo de pesquisa, a qual não está sujeita a regras a priori, nem a uma sequência rígida de momentos, senão que está dirigida de forma ativa pelo pesquisador em razão das necessidades do modelo teórico que desenvolve sobre o problema pesquisado.

De acordo com as características da pesquisa, diferentes modalidades de investigação podem ser escolhidas, com instrumentos de coleta e análise de dados distintos, visando à geração de relatórios e resultados que aprimorem o conhecimento sobre fatos e realidades que merecem ser mais bem reconhecidas.

Segundo Tozoni-Reis (2010, p. 9-10), “a articulação entre os estudos teóricos e a aplicação prática de técnicas e instrumentos deve estar presente durante todo o processo de investigação”. Assim, cabe ressaltar que a metodologia da pesquisa é o percurso a ser realizado pelo pesquisador no processo de produção de conhecimentos em relação ao objeto a ser estudado, sendo composto pelo conjunto de processos e procedimentos que dizem respeito à utilização das técnicas e instrumentos de pesquisa e reflexões teóricas que são de importância fundamental.

Concordamos que “a metodologia é o estudo dos métodos, os quais incluem as concepções teóricas de abordagem, o conjunto de técnicas que possibilitam a construção da realidade e o sopro divino do potencial criativo do investigador” (MINAYO, 2001 p. 16). Assim, por meio da indicação dos procedimentos metodológicos, vislumbramos aproximação com o encaminhamento projetado na investigação, fornecendo subsídios para atingir os objetivos propostos para a pesquisa.

A partir das especificidades e objetivos da presente pesquisa, escolhemos a fonte de dados mais apropriada, quais sejam, livros didáticos de Química do Ensino Médio, visando à geração de resultados que aprimorem o conhecimento sobre o objeto de estudo. No caso proposto, a pesquisa foi caracterizada como qualitativa, e os dados foram analisados utilizando

a abordagem subjetiva, procurando compreender os fatos levantados para, então, associá-los ao objeto de estudo. A pesquisa qualitativa responde a questões particulares, ocupando-se, nas Ciências Humanas, com um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado, abordando o universo amplo de significados, de motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes (DESLANDES *et al.*, 2009).

Dentre as abordagens de pesquisa qualitativa tem-se a pesquisa documental, na qual o pesquisador interpreta informações e tendências da fonte primária sob um olhar crítico para promover uma reflexão sobre o tema específico que se pretende analisar (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Todavia, é necessário que sejam previamente delimitados os objetivos do estudo e quais informações se deseja investigar em tal documento, no caso desta pesquisa, as situações-problema referentes ao conteúdo de Concentração Comum de Soluções. Por meio do procedimento de análise, o pesquisador pode, assim, ter uma resposta coerente sobre o questionamento inicial da pesquisa.

De acordo com Sá-Silva *et al.* (2009), esse método de pesquisa documental atribui, ao pesquisador, uma capacidade reflexiva e criativa da forma como ele compreende o problema. Desta maneira, pode-se interpretar como uma análise qualitativa das fontes. Após a determinação do tema e dos objetivos que se deseja atingir, elencam-se os elementos e/ou dados da análise, neste caso, à luz da TCC. Nessa etapa, é exigida a leitura compreensiva do material. Segundo Sá-Silva *et al.* (2009), a análise de documentos envolve dois momentos: primeiramente a coleta; e em seguida, a análise do conteúdo.

Fonseca (2002) expõe que a pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, tapeçarias, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão, etc. (FONSECA, 2002, p. 32).

Corroboram a ideia Lincoln e Guba (1991), ao afirmarem que a análise documental se refere a um intenso e amplo exame de diversos materiais que não foram utilizados para nenhum trabalho de análise, ou que podem ser reexaminados, buscando outras interpretações ou informações complementares, sendo essa busca feita por meio de documentos. Os autores precisam, ainda, que esse tipo de pesquisa se destaca pelo fato de os documentos constituírem uma fonte estável e rica, da qual se pode retirar evidências que fundamentam afirmações, possibilitando a consulta várias vezes e com baixo custo financeiro.

Sendo assim, tendo como foco o estudo de situações-problema de Concentração Comum de Soluções, para a presente pesquisa, utilizamos como fonte documental os livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD para o ano de 2018, objetivando extrair deles informações

necessárias para responder à seguinte questão de pesquisa: *Como se caracterizam as situações-problema de Concentração Comum de Solução em livros didáticos de Química do Ensino Médio?*

### **3.1 Os objetivos da pesquisa**

Para responder à questão de pesquisa, foram elaborados os seguintes objetivos:

#### **Objetivo Geral**

- Analisar situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de química do Ensino Médio, à luz da Teoria dos Campos Conceituais.

#### **Objetivos específicos**

- Classificar situações-problema de Concentração Comum de Soluções de acordo com as tipologias do Campo Conceitual Multiplicativo;

- Investigar conceitos matemáticos e representações matemáticas associados a problemas de Concentração Comum de Soluções.

### **3.2 Trajetória da pesquisa**

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizamos um estudo de conteúdos das disciplinas de Química e de Matemática em documentos curriculares educacionais, quais sejam: BNCC, Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (DCE), Planos de Trabalho Docente do município de União da Vitória-PR e livros didáticos da disciplina de Química aprovados no PNLD para o ano de 2018.

Assim, sustentadas na teoria dos Campos Conceituais e com o problema e objetivos de pesquisa estabelecidos para a presente investigação, analisamos os problemas de Concentração Comum de Solução presentes nos livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD 2018.

#### *3.2.1 Seleção das Obras analisadas*

Para selecionar as obras para as análises desta pesquisa, optamos, em um primeiro momento, pelas obras escolhidas por Colégios estaduais do município de União da Vitória, estado do Paraná. Assim, sabendo que existem quatorze colégios estaduais de ensino regular no município, que ofertam o nível de Ensino Médio, e ao realizar a consulta no *site* do Programa

Dinheiro Direto na Escola, *PDDE interativo*<sup>3</sup>, observou-se que, das seis opções de obras de Química aprovadas pelo PNLD 2018, cinco delas foram escolhidas como a primeira opção pelos colégios do município, conforme informações da Quadro 5.

**Quadro 5** - Relação de obras de Química escolhidas pelos Colégios de União da Vitória

Nº	Código	Coleção	Autores	Quantidade de Colégios que escolheram
1	0020P18123	Química	FONSECA, Martha Reis Marques	03
2	0041P18123	Química	MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta	00
3	0074P18123	Ser Protagonista	LISBOA, Júlio César Foschini	01
4	0153P18123	Vivá – Química	NOVAIS, Vera Lúcia Duarte; ANTUNES, Murilo Tissoni	01
5	0185P18123	Química	CISCATO, Carlos Alberto Matoso, PEREIRA, Luis Fernando, CHEMELLO, Emiliano, PROTTI Patrícia Barrientos.	02
6	0206P18123	Química Cidadã	SANTOS, Wildson Luiz Pereira MOL, Gerson	07

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

### 3.3 Análise dos Problemas dos Livros Didáticos

Com vistas a atingir os objetivos desta pesquisa e apresentar um panorama geral dos tipos de situações-problema de Concentração Comum de Soluções propostos em livros didáticos de Química do Ensino Médio, optamos por investigar as seis obras aprovadas pelo PNLD 2018, especificamente o volume 2, destinado ao 2º ano do Ensino Médio de cada coleção, pois é nesse volume que são abordados os conceitos pertinentes à Concentração Comum de Soluções.

Diante de uma análise qualitativa dos livros didáticos indicados na Tabela 1, constatamos que os referidos problemas sobre Concentração Comum de Soluções envolviam elementos matemáticos pertencentes ao Campo Conceitual Multiplicativo, compreendidos na classe de Proporção Simples e suas respectivas subclasses. Os resultados dessa análise e as classificações das situações-problema, segundo a TCC, são apresentados no capítulo 4 desta dissertação.

<sup>3</sup> O PDDE Interativo é uma ferramenta de apoio à gestão escolar desenvolvida pelo Ministério da Educação, em parceria com as Secretarias de Educação, e está disponível para todas as escolas públicas cadastradas no Censo Escolar de 2014.

Para o levantamento de dados, elaboramos critérios a partir da análise dos tipos de situações-problema de Concentração Comum de Soluções, segundo as formas de representação, conforme elencados a seguir:

- Análise e classificação das situações-problema de Concentração Comum de Soluções de acordo com a TCC;
- Reconhecimento das representações matemáticas presentes nos enunciados das situações-problema de Concentração Comum de Soluções;
- Identificação dos conceitos matemáticos presentes no enunciado das situações-problema de Concentração Comum de Soluções; e
- Identificação do contexto que as situações-problema propostas pelos autores estão apresentadas nos livros didáticos.

Analisamos cada capítulo de cada volume 2 que aborda o conteúdo de Concentração Comum de Soluções. Assim, revisamos minuciosamente as páginas sobre o conteúdo, analisando os exemplos e os problemas propostos para os estudantes resolverem, a fim de identificar quais classes e subclasses de problemas de Concentração Comum de Soluções estão propostos nos livros didáticos de Química.

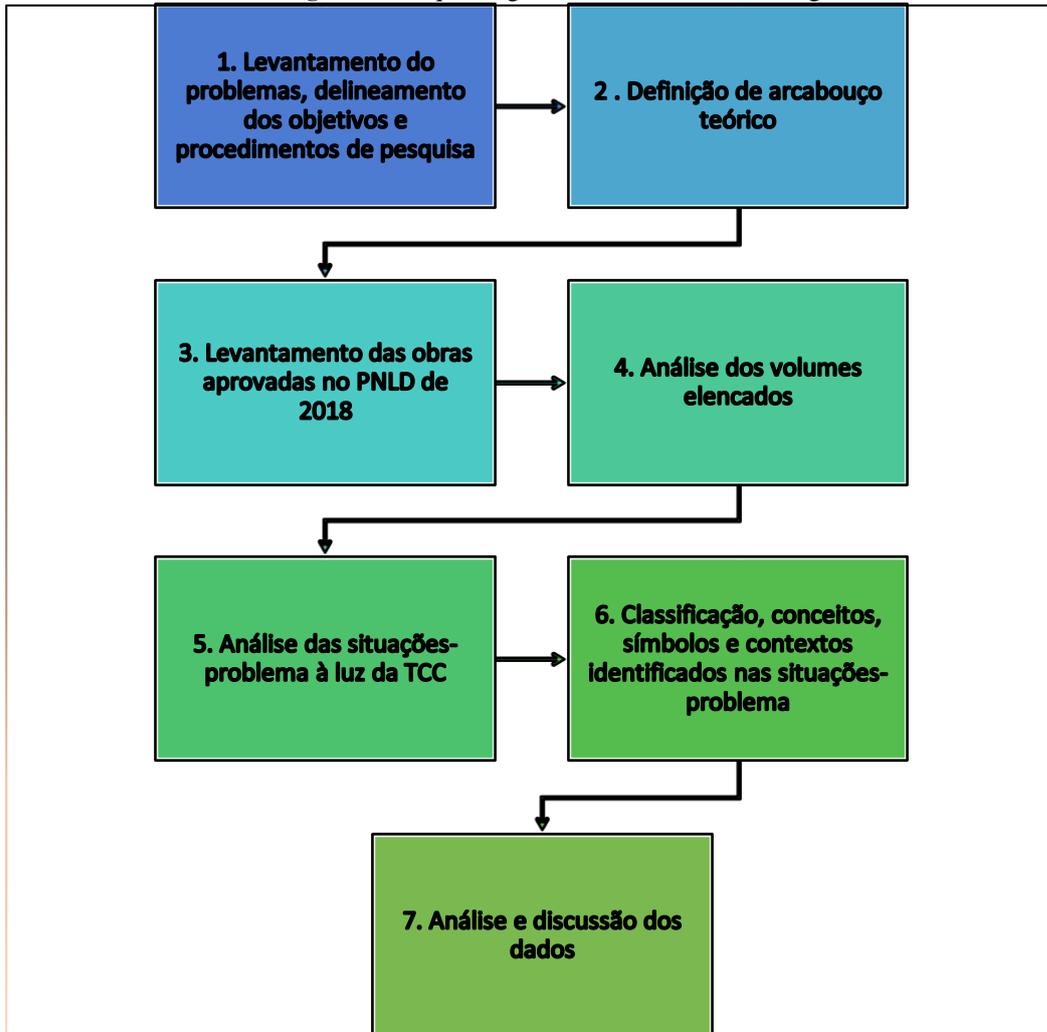
A análise das situações-problema levou a indicar sua classe e subclasse, bem como indicamos o esquema sagital, análise horizontal e vertical para cada subclasse desses problemas, conforme proposição de Vergnaud (1990).

Com as informações analisadas, no que se refere à classe de problemas, representação simbólica na apresentação do enunciado e solicitadas na resolução das situações-problema de Concentração Comum de Soluções, examinamos a variabilidade das classes que aparecem nessas situações e conceitos matemáticos que possuem relação com a solicitação da resolução das respectivas situações-problema.

### **3.4 Síntese geral da metodologia**

A Figura 2 apresenta um resumo dos procedimentos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, considerando estudos teóricos, as abordagens históricas das disciplinas de Química e Matemática, a temática de Concentração Comum de Soluções em outras pesquisas, documentos oficiais do sistema de ensino, aspectos da Teoria dos Campos Conceituais, assim como a análise das situações-problema de Concentração Comum de Soluções em livros didáticos de Química, à Luz da TCC.

Figura 2 - Esquema geral do caminhar metodológico



Fonte: Dados da Pesquisa (2021).

A Figura 2 expõe os primeiros passos para a elaboração inicial dos elementos basilares da dissertação. Em seguida, considerando os estudos teóricos, foi o momento de estudar as abordagens histórico-epistemológicas das disciplinas de Química e Matemática, e de pesquisas relacionadas à Concentração Comum de Soluções, de documentos oficiais do sistema de ensino e da Teoria dos Campos Conceituais. Na sequência, elencamos as obras do PNLD 2018 para o momento de coleta de informações e, por conseguinte, iniciamos a análise dos dados, confrontada com os estudos realizados. Em face ao exposto, os dados permitiram responder à questão da pesquisa. Uma vez apresentados os procedimentos metodológicos, no capítulo seguinte seguem as análises desta pesquisa.

## 4. ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo apresentamos análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD – 2018. Para cada volume analisado, apresentamos a classificação das situações-problema de Concentração Comum de Soluções conforme as classes do Campo Conceitual Multiplicativo, seu respectivo esquema sagital, operadores horizontal e vertical de alguns problemas analisados, conceitos matemáticos, bem como as representações matemáticas utilizadas no enunciado das situações analisadas.

### 4.1 Livros de Química aprovadas pelo PNLD – 2018

O livro didático é uma das principais fontes de consulta de professores e estudantes das escolas públicas brasileiras, de caráter fundamental na educação, e um material que visa a facilitar a aprendizagem. No Brasil, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) compreende um conjunto de ações voltadas para a distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, destinados a estudantes e professores de escolas públicas de todo país.

No que se refere à compra e à distribuição dos materiais e livros didáticos selecionados pelo Ministério da Educação, no âmbito da Secretaria de Educação Básica (SEB), são de responsabilidade do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), cabendo ao órgão a logística do provimento e do remanejamento dos materiais didáticos para todas as escolas públicas do país cadastradas no censo escolar.

Para receber os livros didáticos, é necessário que cada escola pública participe do Censo Escolar do INEP, e que a rede à qual está vinculada tenha feito adesão formal ao programa, conforme preconiza a Resolução CD/FNDE nº 42, de 28 de agosto de 2012. A adesão deve ser atualizada sempre até o final do mês de maio do ano anterior àquele em que a entidade deseja ser atendida (BRASIL, 2017).

As escolas que aderiram ao PNLD recebem materiais de forma sistemática, regular e gratuita. Trata-se, portanto, de um Programa abrangente, constituindo-se em um dos principais programas de apoio ao processo de ensino e aprendizagem nas escolas beneficiadas, pois garante que todo estudante e todo professor dessas instituições tenham acesso de modo gratuito aos livros didáticos atualizados a cada dois anos.

Os livros selecionados pelo PNLD que fazem parte desta análise estão apresentados no Quadro 5, do capítulo 3. As obras de Química aprovadas pelo PNLD 2018 possuem, cada uma delas, três volumes, isto é, três livros didáticos, sendo nesta pesquisa analisado o volume 2 de cada obra, que aborda o conteúdo de Concentração Comum de Soluções.

Ao realizar a investigação, fizemos uma análise minuciosa do conceito de Concentração Comum de Soluções no volume 2 de cada obra. Assim, analisamos detalhadamente a estrutura de cada problema resolvido e proposto, apresentando seu esquema sagital, classificação, representações no enunciado, contextos envolvidos no enunciado, ideias e conceitos matemáticos presentes nas resoluções das situações.

Em seguida, apresentamos a análise por obra e, para exemplificar a investigação, trazemos um problema resolvido e um proposto para a resolução dos estudantes. No que tange aos problemas resolvidos, seis no total, pois cada livro didático traz apenas um, cada um deles é interpretado como uma situação-problema distinta, visto que cada um dos problemas propõe apenas uma questão a ser resolvida, interpretação que também tivemos com os problemas propostos com uma única questão. Por sua vez, para problemas propostos para a resolução dos estudantes, que apresentavam mais de uma questão para a resolução, consideramos cada questão como uma situação distinta para a classificação de acordo com o Campo Conceitual Multiplicativo.

Assim elencamos, nos problemas resolvidos, a classificação do Campo Conceitual Multiplicativo e as formas de representação simbólica utilizadas na sua apresentação. Em relação aos problemas propostos, para cada situação identificada, apresentamos a classificação do Campo Conceitual Multiplicativo, seu respectivo esquema sagital, operador horizontal e vertical.

#### *4.1.1 Análise do livro **Química Ensino Médio***

O primeiro livro analisado é de autoria de Martha Reis Marques da Fonseca, com o título *Química Ensino Médio*. O conteúdo de Concentração Comum de Soluções é contemplado na Unidade 2 – Poluição de Água, Capítulo 4 - Estudo de Soluções, constituindo as páginas 63 até 97. O conteúdo específico de Concentração Comum de Soluções está presente na seção Relações entre Soluto e Soluções, no qual são dedicadas 02 páginas para o conteúdo em questão.

O livro traz um problema resolvido e seis problemas propostos para serem resolvidos pelos estudantes. Dentre as situações-problema, três delas apresentam mais de uma questão para

ser resolvida, totalizando onze questões, ou seja, onze situações distintas sobre Concentração Comum de Soluções.

Ao abordar o conteúdo de Concentração Comum de Soluções, Fonseca (2016) inicia a seção com o conceito de Concentração, e contextualiza o assunto com informações referentes à composição química de água mineral de uma marca específica. Em seguida, a autora traz um problema resolvido, conduzindo a resolução por meio da fórmula de Concentração Comum de Soluções. Esta situação-problema é classificada como Partição, privilegiando a operação de divisão entre a massa e o volume da solução, apresentada na Figura 3.

**Figura 3** - Problema P1: Proporção Simples – Partição

Imagine uma solução aquosa de ácido sulfúrico preparada segundo as normas de segurança, ou seja, em uma capela com exaustor. O químico mistura 33 g de  $H_2SO_4$  em 200 mL de água, com extremo cuidado, lentamente e sob agitação constante. Ao final, obtém um volume de solução igual a 220 mL. Como devemos proceder para calcular a concentração em g/L dessa solução?

Observe:

1 000 mL  $\Leftrightarrow$  1 L, logo 220 mL  $\Leftrightarrow$  0,22 L (volume de solução)

33 g de $H_2SO_4$	_____	0,22 L de solução
x	_____	1 L de solução

$$x = \frac{1 \text{ L} \cdot 33 \text{ g}}{0,22 \text{ L}} \Rightarrow x = 150 \text{ g}$$

A concentração em massa da solução de  $H_2SO_4$  preparada pelo químico é igual a 150 g/L.

Fonte: Fonseca (2016, p. 67).

Neste caso, o enunciado é fornecido por meio de língua natural, sem a necessidade de outras formas de signos, além dos valores numéricos e suas respectivas unidades de medida. A autora não prioriza a utilização da fórmula de Concentração Comum de Soluções, recorre ao esquema de resolução por meio de regra de três, sendo essencial a conversão de unidade de medida de capacidade, que é realizada no início da resolução, visto que o volume é dado no enunciado do problema em mL e no resultado é solicitado o valor da concentração em g/L.

O contexto da situação-problema refere-se a uma prática realizada em laboratório. Os valores da massa e volume são fornecidos em números naturais, mas ao realizar a conversão de unidade de medidas de capacidade, o valor do volume resulta em número decimal.

Além do problema resolvido, a autora propõe seis problemas para resolução pelos estudantes, os quais possuem números naturais e decimais, três situações requerem conversão de unidade de medidas de capacidade e uma conversão de unidade de medidas de massa, quatro das situações são apresentadas em forma de enunciado em língua natural, e duas delas se apresentam acompanhadas de apoio visual em forma de tabela. Apresentamos uma situação-problema proposta para resolução no Quadro 6.

Ao fazer a seleção desses problemas nos diferentes livros didáticos, optamos por elencar os que representam situações com diferentes classificações de Proporção Simples. Em outras palavras, para cada livro analisado, apresentamos a análise de um problema de determinadas classes, com vistas a evitar repetições de classes discutidas nas análises.

Quadro 6 – Problema P2: Multiplicação Um para Muitos

O soro caseiro consiste em uma solução aquosa de cloreto de sódio (3,5 g/L) e de sacarose (11 g/L). As massas de cloreto de sódio e de sacarose necessárias para se preparar 500 mL de soro caseiro são, respectivamente:

a) 17,5 g e 55 g.  
 b) 175 g e 550 g.  
 c) 1 750 mg e 5 500 mg.  
 d) 17,5 mg e 55 mg.  
 e) 175 mg e 550 mg.

Fonte: Fonseca (2016, p. 72).

O problema apresentado no Quadro 6 traz duas questões, duas situações distintas com contexto relacionado à medicação. Os dados são apresentados em língua natural, e os valores numéricos da concentração e do volume são apresentados em números naturais e decimais, sendo necessário realizar conversão de unidade de medidas de capacidade de L para mL e, ao final, a conversão de unidade de medidas de massa.

O esquema sagital de um problema de proporção simples envolve a correspondência de dois tipos de medidas distintas. No caso do Problema 2, as grandezas envolvidas são volume e massa. Especificamente para problemas que envolvem Concentração Comum de Soluções, fundamentado em Vergnaud (2009a), nossos estudos mostram que a Concentração Comum de Soluções, dada por  $C = m/V$ , é o operador-função que permite passar de uma categoria à outra (VERGNAUD, 2009a), portanto, a concentração C (gramas/litro) permite passar de Volume (L) para Massa (g).

Desse modo, o esquema sagital para a situação-problema de Cloreto de Sódio - P2 é:

$C = 3,5\text{g/L}$	
Volume (L)	Massa (g)
1	3,5
0,5	X

A concentração comum é conhecida, pois ela representa o operador-função  $C = 3,5\text{g/L}$ , que também é utilizado para identificar a massa (gramas) em 1 L de volume de uma

concentração qualquer. Deste modo,  $C = 3,5\text{g/L}$  permite identificar a massa correspondente ao volume em 1 L de solução, como também em 0,5L desta mesma solução.

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos para identificar a massa necessária para uma concentração com 0,5L:

$$1L \rightarrow 3,5g$$

$$0,5L \rightarrow x$$

Ou seja,

$$x \times 1L = 3,5g \times 0,5L$$

$$x = 3,5g \times \frac{0,5L}{1L} = 1,75g$$

Dessa maneira, observamos que a massa de Cloreto de Sódio para uma solução que possui 0,5L de Volume e Concentração de 3,5g/L corresponde a 1,75g de Cloreto de Sódio, respondendo à primeira pergunta do Problema.

A análise desta situação possibilita perceber a existência dos dois operadores: o operador escalar, que está descrito na transformação entre as medidas (litros e gramas) de uma mesma grandeza; e o operador funcional, que ocorre entre as medidas de grandezas distintas (de quantidade gramas por litro de solução), conforme apresentado no Quadro 7.

**Quadro 7** - Operador vertical e horizontal da Situação-problema Cloreto de Sódio - P2

Operador vertical	Operador horizontal
<p>1L ↓ 0,5L</p> <p>3,5g ↓ 1,75g</p> <p>○ ÷2 ○</p>	<p>○ x3,5 ○</p> <p>1 L de solução → 3,5 g</p> <p>○ x3,5 ○</p> <p>0,5 L de solução → 1,75 g</p>
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 2, que utilizado na segunda coluna, da massa, permitiu obter 1,75g de Cloreto de Sódio em 0,5L de solução.</p>	<p>Sabendo que em 1L de solução tem-se 3,5g de Cloreto de Sódio, obtemos que o operador-função é dado por <math>C=3,5\text{g/L}</math>.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

O valor do volume (representado pela quantidade L) diminuiu, o que significa que o valor da massa (representado pela quantidade de gramas) também diminuiu. A essa relação de decréscimo que uma grandeza influencia em outra é chamada proporção, e no problema acima

é direta porque as duas diminuem. A proporção direta entre as grandezas se dá quando a medida de uma grandeza aumenta e a medida da outra grandeza também aumenta; ou se a medida de uma grandeza diminui, a outra também diminui

Em relação à situação-problema de Sacarose – P2, o esquema sagital é dado por:

$$C = 11\text{g/L}$$

Volume (L)	Massa (g)
1	11
0,5	$x$

Nesta situação, a concentração comum é conhecida, ela representa o operador-função  $C = 11\text{g/L}$ , que também é utilizado para identificar a massa (gramas) em 1 L de volume de uma concentração qualquer. Deste modo,  $C = 11\text{g/L}$  permite identificar a massa correspondente ao volume em 1 L de solução, como também em 0,5L desta mesma solução.

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos para identificar a massa necessária para uma concentração com 0,5L:

$$1L \rightarrow 11g$$

$$0,5L \rightarrow x$$

Ou seja,

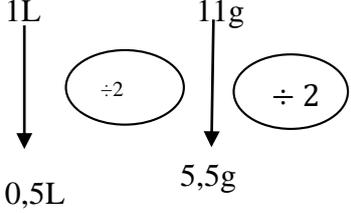
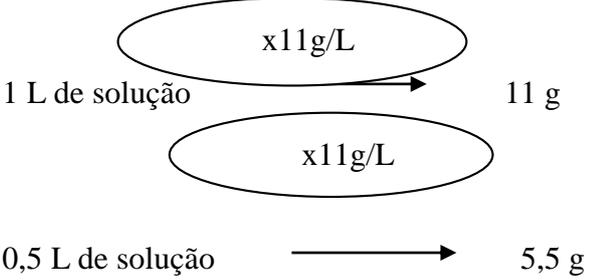
$$x \times 1L = 11g \times 0,5L$$

$$x = 11g \times \frac{0,5L}{1L} = 5,5g$$

Sendo assim, observamos que a massa para uma solução que possui 0,5L de Volume e Concentração de 11g/L corresponde a 5,5g de Sacarose, respondendo à segunda pergunta do Problema.

A partir dos dados apresentados no esquema sagital anterior, podemos analisar os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado o Quadro 8.

**Quadro 8 - Operador vertical e horizontal da situação-problema de Sacarose - P2**

Operador vertical	Operador horizontal
	
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 2, que utilizado na segunda coluna, da massa, permitiu obter 5,5g de Sacarose em 0,5L de solução.</p>	<p>Sabendo que em 1L de solução tem-se 11g de Sacarose, obtemos que o operador-função é dado por <math>C=11g/L</math>.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Para responder corretamente às duas questões do problema, é necessário realizar a conversão de unidades de medida de gramas para miligramas:

$$\text{Cloreto de Sódio: } 1,75\text{g} \cdot 1000 = 1750\text{mg}$$

$$\text{Sacarose: } 5,5\text{g} \cdot 1000 = 5500\text{mg}$$

Sendo assim, a alternativa *c* corresponde à resposta correta.

Portanto, considerando a análise do livro de Fonseca (2016), observa-se que a obra traz um problema resolvido e seis problemas propostos para serem resolvidos pelos estudantes. Dentre os problemas, três deles apresentam mais de uma questão para ser resolvida, totalizando onze questões, ou seja, onze situações distintas sobre Concentração Comum de Soluções.

O Quadro 9, na página seguinte, compreende o quantitativo de situações-problema (cada questão dos problemas resolvidos e propostos é considerado uma situação-problema distinta, pelo fato de ser passível de classificação de acordo com os tipos de classificação de Proporção Simples), respectivas classificações, contexto das situações, as representações envolvidas nos enunciados e os conceitos matemáticos.

**Quadro 9 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Fonseca (2016)**

	Multiplicação Um para Muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações em cada classe	3	6	1	1	11
Contexto	Solução Aquosa de NaOH (1); Medicamento (2).	Solução de Ácido Sulfúrico (1); Solução de NaOH (2) e Tanque de Cristalização de Sal (3).	Água de Piscina.	Medicamento.	
Representações envolvidas no enunciado	Língua natural (3).	Língua natural (3); Língua natural acompanhada por tabela (3).	Língua natural.	Língua natural.	
Ideias e Conceitos matemáticos	Multiplicação, Divisão; Unidade de medida de capacidade; Conversão de unidade de medida de capacidade.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de capacidade e massa; Conversão de unidades de medida de capacidade; números decimais; interpretação de tabela.	Multiplicação, Divisão; Unidade de medida de capacidade e massa; Conversão de unidade de medida de massa.	Multiplicação, Divisão; Números decimais e unidade de medida de capacidade.	

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com o Quadro 9, nota-se que as quatro subclasses de proporção simples estão contempladas no livro analisado, fato que é positivo do ponto de vista de Vergnaud (2009a). Vergnaud (1994) menciona que as relações multiplicativas têm várias classes de problemas, e que é importante distinguir tais classes e analisá-las cuidadosamente, ajudando, deste modo, o estudante a reconhecer as diferentes estruturas de problemas, e encontrando procedimentos apropriados para sua solução. Dentre as onze questões analisadas, pertencentes a sete situações-problema, a classe de partição é a que aparece com maior frequência, contendo seis questões propostas; e as classes menos contempladas são cota e quarta proporcional, ambas com apenas uma questão cada.

Podemos afirmar que as situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas por Fonseca (2016) articulam ideias e conceitos matemáticos, como multiplicação, divisão, unidades de medida de capacidade e massa, conversão de unidades de medida de capacidade, números decimais e interpretação de tabela.

A análise desta obra mostra que, no volume 2, são priorizadas situações-problema do tipo partição, seguido de multiplicação um para muitos, mas mantém a variedade das situações, contemplando as quatro classes de situações-problema. Todas apresentam um cenário distinto de contextualização, relacionado a medicamentos, prática de laboratório, produtos retirados de fontes naturais, tratamento de água de piscina e composição de refrigerantes. A contextualização, aqui, se apresenta como um modo de ensinar o Conteúdo de Concentração Comum de Soluções ligado a situações de vivência dos estudantes em sete situações, e apenas quatro das onze situações apresentadas são referentes a práticas de laboratório, trazendo substâncias como Ácido Sulfúrico e Hidróxido de Sódio.

A ideia de contextualização consta desde a reforma do Ensino Médio, a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (1996) que orientou a compreensão dos conhecimentos para uso cotidiano. As diretrizes que estão definidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) visam a um ensino de química centrado na interface entre informação científica e contexto social, objetivando que os conteúdos sejam trabalhados de modo contextualizado, aproveitando sempre as relações entre conteúdos e contexto para dar significado ao que é aprendido. Ainda, de acordo com a BNCC, ao abordar a área de Ciências da Natureza, na qual a química está presente, o documento direciona para que, na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza contribua com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada.

Assim, observamos positiva a contextualização abordada por Fonseca (2016), ao formular as situações-problema de Concentração Comum de Soluções, requerendo a aplicabilidade do conteúdo e propiciando ao estudante estabelecer as conexões entre os conhecimentos. Cabe destacar, ainda, que dentre as onze situações analisadas nesse livro, oito são apresentadas em língua natural e três delas são acompanhadas de tabela. Sustentadas em Duval (2012) e na BNCC (BRASIL, 2017), consideramos este fato positivo, por diversificar o modo de apresentar o conceito em questão, pois além das situações serem resolvidas por meio de representações algébrica e numérica, o enunciado é representado em língua natural e três deles contemplam tabelas.

#### *4.1.2 Análise do livro **Química Ensino Médio***

O livro *Química – Ensino Médio* é da autoria de Eduardo Fleury Mortimer, e o conteúdo de Concentração Comum de Soluções faz parte do Capítulo 1, intitulado *Soluções e Solubilidade*, que constituem as páginas 10 a 46 do livro. O conteúdo específico de

Concentração Comum de Soluções está na seção *Estudando Concentração de Soluções, parte B – Expressando Concentrações*, dedicando uma página para o conteúdo em questão.

O autor não expõe um problema de Concentração Comum de Soluções resolvido, apenas mostra uma contextualização da água mineral e induz a uma reflexão, fazendo um questionamento para representar a concentração em g/L no 3º item, sendo ele classificado como partição, conforme apresentamos na Figura 4.

Figura 4 - Problema P3: Proporção Simples – Partição

**INVESTIGAÇÃO**

A seguir, reproduzimos as informações de um rótulo de embalagem de água mineral. As perguntas das partes A, B e C referem-se a essas informações e devem ser respondidas em grupo.

**RÓTULO DE ÁGUA MINERAL**

Água mineral gaseificada artificialmente com gás natural.

**Composição química provável (em mg/L):**  
Sulfato de bário: 0,61; sulfato de estrôncio: 0,10; sulfato de cálcio: 3,42; bicarbonato de cálcio: 106,5; bicarbonato de magnésio: 53,49; bicarbonato de potássio: 58,86; bicarbonato de sódio: 92,78; nitrato de sódio: 1,37; cloreto de sódio: 0,33; fluoreto de sódio: 0,04; óxido de ferro: 0,07; óxido de manganês: 0,24; óxido de alumínio: 0,18; óxido de silício: 16,20; gás carbônico: 2 554,20.

**Características físico-químicas:**  
Aspecto *in natura* e após fervura: límpido e incolor; odor a frio e a quente: nenhum; temperatura da água na fonte: 20 °C; pH a 25 °C = 5,9; condutividade a 25 °C =  $3,95 \times 10^{-4}$  mohm/cm (miliohm por centímetro); resíduo de evaporação a 180 °C = 220,0 mg/L.

**PARTE A – Analisando a composição química**

- >1ª Sob que forma as diversas substâncias se encontram na água mineral?
- >2ª Desenhem um modelo que represente a constituição da água mineral.
- >3ª As concentrações aqui são expressas em mg/L. Por que optou-se por essas unidades? Seria possível expressá-las de outra forma? Escolham algumas das concentrações e representem-nas em g/L e em % p/V.

Fonte: Mortimer, Fleury e Machado (2016, p. 30).

A situação-problema está exposta apenas pelo enunciado em língua natural, propondo que o estudante indique algumas das concentrações em g/L que ele mesmo já apresenta, mas em mg/L, requerendo a conversão de unidade de medidas de massa.

Na sequência, Mortimer, Fleury e Machado (2016) traz uma nova contextualização sobre o preparo de uma solução de dicromato de potássio, e em seguida apresenta uma relação de seis problemas a serem resolvidos pelos estudantes. Dentre os problemas propostos pelo autor, selecionamos o apresentado no Quadro 10 para discutir acerca de sua classificação.

**Quadro 10** – Problema P4: Proporção Simples – partição

Colocou-se 4,5 g de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em um béquer e acrescentou-se água até que o volume fosse igual a 150 mL. Qual é a concentração da solução e a expressarmos em g/ml, ou seja, gramas de soluto por mililitro de solução?

Dados:

Massa=4,5g

Volume=150ml

Fonte: Mortimer, Fleury e Machado (2016, p. 39).

Quanto às formas de representação utilizadas na apresentação da situação-problema, destacamos o enunciado escrito em língua natural e os valores numéricos dados em números naturais e decimais. O contexto utilizado na situação-problema diz respeito ao preparo de uma solução em laboratório, e a situação refere-se ao primeiro problema proposto pelo autor para ser resolvido pelos estudantes.

As grandezas envolvidas são volume e massa. Conforme já mencionamos, a Concentração Comum de Soluções dada por  $C = m/V$ , onde a concentração C (gramas/litro) permite passar de Volume (mililitro) para Massa (g).

Desse modo, o esquema sagital para o Problema é o seguinte:

C = desconhecida

┌───────────┐ └───────────┘	
Volume (ml)	Massa (g)
1	x
150	4,5

Para essa situação-problema, a partir da análise horizontal, identificamos o valor do operador-função. Contudo, precisamos olhar para o escalar 150 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 150 ml para 1 ml. De modo equivalente, se observarmos a grandeza massa e aplicarmos o mesmo escalar 150, obtemos  $x = 0,03g$ .

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$\begin{aligned} 1ml &\rightarrow xg \\ 150ml &\rightarrow 4,5g \end{aligned}$$

Ou seja,

$$\begin{aligned} x \times 150ml &= 4,5g \times 1ml \\ x &= \frac{4,5g \times 1ml}{150ml} \\ x &= 0,03g \end{aligned}$$

A análise horizontal para esta situação implica não somente a noção de relação numérica, também o quociente de dimensões, ou seja, a busca de um operador-função que permita passar de uma grandeza para outra, ou ainda, de Volume para Massa, que na química é representado pela Concentração. Dessa maneira, temos a seguinte interpretação:

Se em 1 ml de solução tem-se 0,03 g e em 150 ml de solução, tem-se 4,5 g. Obtemos a constante de proporcionalidade 0,03 g/ml, dada pela expressão:

$$\frac{4,5\text{g}}{150\text{ml}} = \frac{0,03\text{g}}{1\text{ml}}, \text{ que representa o operador-função.}$$

De tal modo, ao observarmos que o volume de 150 ml possui 4,5g de massa de soluto de potássio com uma concentração comum de 0,03g/ml, responde-se à pergunta do enunciado do problema. A partir do problema e dos dados apresentados no esquema sagital anterior, analisamos os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado no Quadro 11.

**Quadro 11 - Operador vertical e horizontal do Problema P4**

Operador vertical	Operador horizontal
<p>1 ml                      0,03g  <math>\uparrow</math>                      <math>\uparrow</math>  <math>\div 150</math>                      <math>\div 150</math>  150 ml                      4,5g</p>	<p><math>\times 0,03\text{g/ml}</math>  1 ml de solução                      <math>\longrightarrow</math>                      0,03 g  <math>\times 0,03\text{g/ml}</math>  150 ml de solução                      <math>\longrightarrow</math>                      4,5 g</p>
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 150, que aplicado na segunda coluna, da massa, permite obter 0,33 g de soluto em 1 ml de solução.</p>	<p>Sabendo que em 1 ml de solução tem-se 0,03 g de soluto, obtemos que o operador-função é dado por <math>C=0,03 \text{ g/ml}</math>.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Na relação vertical ocorrem as operações entre as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna), e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). Diferentemente da relação vertical, os operadores horizontais possuem dimensão. Segundo Vergnaud (1991, p. 203), “são funções que expressam a relação entre medidas de categorias diferentes”, tanto que o valor da concentração é expresso em gramas por ml.

O problema acima resume-se em identificar a taxa que relaciona a medida da massa com a medida de volume, que em termos numéricos corresponde ao valor de cada unidade. No caso, a quantidade de massa (em g) para 1 ml de solução. Em vista disso, a resolução desse problema

pode ser realizada de acordo com o sistema sagital apresentado. Como foi solicitado o valor da concentração, a resolução é feita pela razão entre a massa e o volume.

Em relação aos problemas propostos, Mortimer (2016) apresenta seis problemas sobre Concentração Comum de Soluções, e um deles apresenta três questões para resolução, totalizando nove questões, que consideramos nove situações-problema possíveis de serem classificadas, conforme apresentado no Quadro 12.

O Quadro 12 apresenta uma síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções do volume 2 da obra de Mortimer, Fleury e Machado (2016), relativa ao quantitativo de classes de situações, representações presentes nos enunciados, contextos envolvidos nos enunciados e conceitos matemáticos envolvidos em cada classe de problema. Sendo que, o número que aparece entre parênteses na relação das es-  
 ecificações diz respeito ao quantitativo de situações de cada caracterização. O livro traz um problema resolvido, seis problemas propostos para resolução, e um desses apresenta três questões, totalizando nove situações distintas passíveis de análise.

**Quadro 12** - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Mortimer (2016)

	Multiplicação Um para Muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações-problema.	1	8	-	-	9
Representações no enunciado.	Língua natural.	Língua natural (6) acompanhada de tabela (2).	-	-	
Contexto.	Estação de Tratamento de Água.	Rótulo de água mineral (1); Informação nutricional de uma bebida (1) e Solução e dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) (6).	-	-	
Ideias e Conceitos matemáticos	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de capacidade e massa; Conversão de unidades de medida de massa; números decimais.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de capacidade e massa; Conversão de unidades de medida de capacidade e massa; números decimais; interpretação de tabela.	-	-	

Fonte: Elaborado pela autora.

A respeito das formas de representação utilizadas nos enunciados das situações-problema, o autor traz sete situações em língua natural e duas com enunciado acompanhado de apoio visual de tabela. Duas situações apresentam os valores numéricos em números naturais, e cinco delas trazem, ainda, números decimais; uma situação não requer conversão de unidade de medidas, quatro delas requerem conversão de unidades de medida de capacidade e duas delas de massa.

As situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas por Mortimer, Fleury e Machado (2016) envolvem ideias e conceitos matemáticos, como multiplicação, divisão, unidades de medida de capacidade e massa, conversão de unidades de medida de capacidade e massa, números decimais e interpretação de tabela.

Ao término da análise do livro de Mortimer, Fleury e Machado (2016), elencamos que o autor não contempla todas as classes nas situações-problema que foram consideradas nesta pesquisa, apresentando somente uma situação-problema classificada como multiplicação um para muitos, e oito situações-problema de partição. Em casos como este, de pouca variedade de situações relacionadas a um mesmo conceito, com base em Vergnaud (2009a), sinalizamos a importância de o professor selecionar outras situações, para além das propostas na obra, de modo a possibilitar, aos alunos, outras classes de problemas que lhes permitam construir novos esquemas, gerando novas aprendizagens.

Ainda, os problemas de Concentração Comum de Soluções da obra estão associados a contextos variados: uma situação em rótulo de água mineral, uma com informações nutricionais e uma em tratamento de estação de água. Porém, ressalta-se que, em seis das nove situações, o autor traz a conjuntura voltada ao contexto do dicromato de potássio, avaliada como distante do contexto do estudante.

Em relação à finalização da abordagem do conteúdo de Concentração Comum de Soluções, Mortimer, Fleury e Machado (2016) traz sugestão de *sites* para experimentos que envolvem Solução, e encerra a seção com uma lista de questões para serem resolvidas.

#### **4.1.3 Análise do livro *Ser Protagonista: Química***

O livro *Ser Protagonista: Química*, de autoria de Julio Cesar Foschini Lisboa, aborda o conteúdo de Concentração Comum de Soluções na Unidade 1, intitulada *Soluções*. O capítulo 1, com o título *Dispersões, Coloides, Suspensões e Soluções* constitui as páginas 10 a 31 do volume. O autor aborda Concentração Comum de Soluções em uma página, apresenta um problema resolvido e nove problemas propostos aos estudantes.

Ao introduzir a Concentração Comum de Soluções, o autor enuncia que a relação entre a quantidade de soluto e a quantidade de solução determina a concentração. Em seguida, traz um exemplo de preparo de um suco, indicando que a relação entre a quantidade de açúcar e a de suco, se acrescentar mais soluto, que neste caso se trata de açúcar, a solução ficará mais concentrada, ou seja, mais doce.

Em seguida, Lisboa (2016) apresenta o conceito de Concentração em Massa, demonstra a fórmula e um problema resolvido, conforme Figura 5. Esta situação-problema é classificada como multiplicação um para muitos, privilegiando a operação de multiplicação entre concentração e o volume da solução.

**Figura 5 - Problema P5: Proporção Simples – Multiplicação Um para Muitos**

**Concentração em massa**

A concentração em massa de um soluto numa solução é a relação entre a massa do soluto e o volume da solução.

$$\text{Concentração em massa} = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{volume da solução}}$$

Essa forma de expressar concentração é muito utilizada em medicamentos. Com base nessas informações, é possível saber a quantidade de cada componente no conteúdo de todo o frasco do remédio. Para um frasco de cloridrato de nafazolina (0,25 mg/mL) contendo 15 mL, por exemplo, tem-se:

$$\begin{aligned} 0,25 \text{ mg/mL} &= \frac{\text{massa do sólido}}{15 \text{ mL}} = \\ &= 0,25 \text{ mg/mL} \times 15 \text{ mL} = 3,75 \text{ mg de nafazolina} \end{aligned}$$

Fonte: Lisboa (2016, p. 17).

Em relação ao Problema P5, o enunciado é fornecido por meio de língua natural, também utilizando dados numéricos e unidades de medida. O contexto da situação-problema refere-se à Concentração Comum de Soluções em medicamentos. Os valores da concentração são fornecidos em números decimais, e não necessitam que se realize conversões entre os valores numéricos para resolver a situação. Neste caso, o autor prioriza a resolução com a utilização da fórmula de Concentração Comum de Soluções, também expressa junto ao enunciado, em língua natural, embora seja uma fórmula matemática indicada por meio da operação de divisão.

Além desse exemplo resolvido, são propostos no volume analisado nove problemas para resolução pelos estudantes. Todos os problemas, sejam resolvidos ou propostos, são contextualizados. Eles são propostos em língua natural, envolvendo números naturais e decimais, seguidos de suas respectivas unidades de medida. Duas situações-problema

apresentam dados numéricos por meio de tabela, e uma situação fez uso de uma imagem como apoio visual, como na Figura 6, a seguir.

**Figura 6 - Problema P 6: Proporção Simples – Partição**

O soro fisiológico caseiro – uma solução aquosa de açúcar e sal de cozinha – é utilizado em casos de desidratação, por exemplo, quando uma pessoa perde água por meio de vômitos e diarreia. Ele pode ser preparado com as colheres de medida fornecidas em alguns postos de saúde. Observe a imagem abaixo.

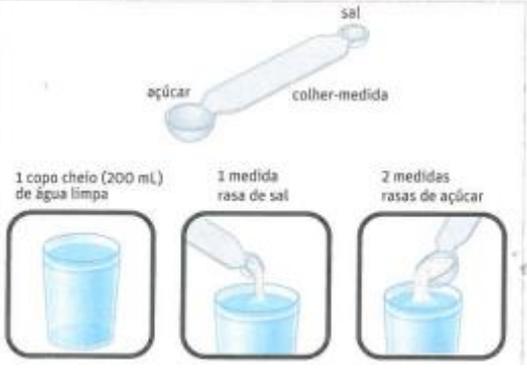
Na ausência de colheres de medida, o soro caseiro pode ser preparado da seguinte forma:

- dissolva 1 colher de sopa rasa de açúcar e 1 colher de café rasa de sal de cozinha em um copo com água;
- transfira a solução para um recipiente graduado e complete com água até 1 litro.

Depois de preparado, o soro precisa ser provado antes de ser dado à pessoa, e o gosto não deve ser mais salgado do que a lágrima.

Considerando que uma colher de sopa rasa de açúcar contenha 12 g desse soluto, e que uma colher de café rasa de sal de cozinha contenha 5 g desse sal, responda aos itens a seguir.

a) Calcule a concentração em massa de sal e de açúcar no soro fisiológico caseiro.



Fonte: Lisboa (2016, p. 29).

Observa-se que a imagem de apoio visual, no enunciado da situação da Figura 6, auxilia na interpretação da situação-problema, pois retoma as informações com destaque, relacionando-as com objetos do cotidiano (copo e colher-medidora). Analisamos que os apoios visuais, como o apresentado na figura acima, auxiliam na interpretação da situação e no desenvolvimento de estratégias e utilização de conceitos apropriados para a resolução.

Ainda no que tange aos enunciados dos problemas propostos pelo autor, três situações-problema requerem conversão de unidades de medida, sendo duas delas de volume e um deles de massa e volume.

O autor valoriza a contextualização do conteúdo, o que pode favorecer ao estudante realizar conexões entre o conteúdo e sua realidade. Neste sentido, conforme já citamos na Fundamentação Teórica desta pesquisa, a escola precisa favorecer a atribuição de sentido às aprendizagens. Por conseguinte, de acordo com a BNCC, assegurar tempos e espaços para que os estudantes reflitam sobre suas experiências e aprendizagens individuais e interpessoais se torna importante, de modo a valorizar o conhecimento, confiar em sua capacidade de aprender e identificar, e utilizar estratégias mais eficazes a seu aprendizado (BRASIL, 2017).

Nesta perspectiva, o autor encerra a seção trazendo um texto intitulado *Limite de álcool no bafômetro fica mais rígido e cai para 0,05 mg/L*, que serve para a percepção da aplicabilidade e relevância do conteúdo estudado.

O Quadro 13 apresenta um problema proposto pelo autor para a resolução dos estudantes.

**Quadro 13** – Problema P7: Quarta Proporcional e Partição

O leite é um alimento rico em cálcio (Ca). Sabendo que em 200ml de leite há aproximadamente 335 mg de Ca, determine a quantidade de Ca ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 300ml de leite e calcule a concentração de Ca no leite em g/L.

Fonte: Lisboa (2016, p. 22).

O problema P7, representado no Quadro 13, é o terceiro problema proposto, e seu contexto trata da concentração de cálcio no leite. O problema traz duas questões, duas situações distintas. As grandezas envolvidas no problema são Concentração e Volume.

No que diz respeito ao esquema sagital para a situação-problema da quantidade de cálcio, sendo a Razão dada por 1,7 temos:

Razão = 1,7mg/mL

Volume (mL)	Massa (mg)
200	335
300	<i>x</i>

Nota-se, no esquema sagital, que a razão foi calculada pela divisão do valor da massa pelo valor do volume ( $335 \div 200 = 1,675$ ), trata-se da Concentração Comum de Soluções. A partir desse esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$\begin{aligned} 200\text{mL} &\rightarrow 335\text{mg} \\ 300\text{mL} &\rightarrow x \end{aligned}$$

Ou seja,

$$\begin{aligned} x \times 200\text{mL} &= 300\text{mL} \times 335\text{mg} \\ x &= \frac{300\text{mL} \times 335\text{mg}}{200\text{mL}} \\ x &= 502,5\text{mg} \end{aligned}$$

Desse modo, observamos que 502,5mg é a massa de Cálcio que um indivíduo vai ingerir ao tomar 300mL de leite, respondendo ao primeiro questionamento da situação-problema (determine a quantidade de Ca ingerida, em mg, por um indivíduo que consome diariamente 300ml de leite).

Em seguida, apresentamos os operadores vertical e horizontal para esta situação. No operador vertical, realizam-se operações entre as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas distintas (segunda coluna). Como podemos observar no Quadro 14 para determinar o valor da massa em 300mL, realizamos a multiplicação de 335 pelo operador (x1,5); logo aplica-se, na coluna das massas, a operação que expressa a passagem de 200 para 300 ml da primeira coluna. Os operadores verticais não possuem dimensão: são escalares.

O operador horizontal possui dimensão, que segundo Vergnaud (1991, p. 203), “são funções que expressam a relação entre medidas de categorias diferentes”. Tal fato conduz a utilizar a relação verbal *mg por mL*, como podemos observar no Quadro 14, que para determinar o valor da massa de Cálcio em 300mL de leite, aplicamos a função (x1,675 por mL) à quantidade de 300mL.

O Quadro 14 apresenta uma análise dos operadores vertical e horizontal para a situação-problema.

**Quadro 14 - Operador vertical e horizontal da situação problema de cálcio do Problema P7**

Operador vertical	Operador horizontal
Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 1,5, que utilizado na segunda, permite identificar o valor da massa. Portanto, obtemos 502,5mg de Cálcio para um volume de 300mL de leite.	Sabendo que para um volume de 200mL de leite tem-se 335mg de Cálcio e em 300mL de leite, tem-se 502,5mg de Cálcio, obtendo o operador-função (que se trata da Concentração Comum de Soluções) dado por 1,675mg de Cálcio por mL de leite.

Fonte: Adaptado de Zanella (2016)

Notamos que, neste tipo de situação-problema, o valor da unidade ou taxa, em outras palavras, os operadores vertical ou horizontal, não são explicitados no enunciado e, portanto, é classificado como *Proporção Simples Quarta Proporcional*. Ainda neste tipo de problema, conforme mostrado acima, existe a possibilidade de utilização da propriedade linear de proporcionalidade, calculando a razão entre as grandezas de medidas da massa e do volume. Esse tipo de situação-problema também pode ser resolvido utilizando a estratégia da regra de

três e aplicando uma propriedade das proporcionalidades: o produto dos meios é igual ao produto dos extremos (GITIRANA *et al.*, 2014).

Em relação ao segundo questionamento da situação-problema, em relação à concentração de Ca no leite em g/L, o valor da concentração é solicitado em g/L do Cálcio no leite. Como sabemos que 200mL é igual a 0,2L e que 335mg equivalem a 0,335g, determinamos o valor da concentração dividindo o valor da massa do soluto pelo volume da solução.

Desse modo, o esquema sagital para a segunda parte do problema P7 é o seguinte:

C = desconhecida

Volume (L)	Massa (g)
1	x
0,2	0,335

Para essa situação-problema, a partir da análise horizontal, identificamos o valor do operador-função, portanto, da Concentração Comum de Soluções. Entretanto, fundamentalmente precisamos olhar para o escalar 5 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 0,2L para 1 L. De modo equivalente, se observarmos a grandeza massa e aplicarmos o mesmo escalar 5, obtemos  $x = 1,675g$ .

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$1L \rightarrow x g$$

$$0,2L \rightarrow 0,335g$$

Ou seja,

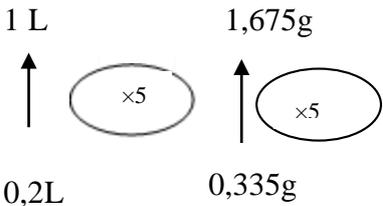
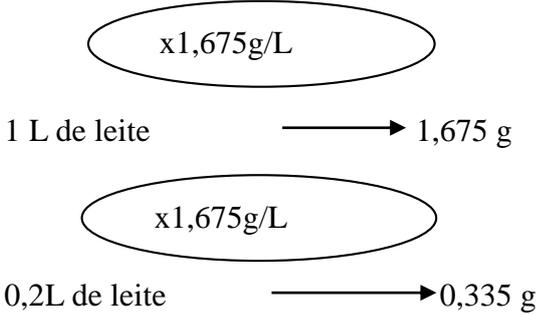
$$x \times 0,2L = 0,335g \times 1L$$

$$x = \frac{0,335g \times 1L}{0,2L}$$

$$x = 1,675g.$$

Nesta situação-problema, para o operador horizontal, temos a seguinte interpretação: se em 1 L de leite tem-se 1,675 g de Cálcio, e em 0,2L de leite de leite tem-se 0,335 g, obtemos a constante de proporcionalidade 1,675g/L, conforme apresentamos no Quadro 15, na página seguinte.

**Quadro 15 - Operador vertical e horizontal da situação-problema de Concentração do Problema P7**

Operador vertical	Operador horizontal
	
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 5, que usado na segunda coluna, da massa, permite obter 1,675 g de Cálcio em 1L de leite.</p>	<p>Sabendo que em 1L de leite tem-se 1,675 g de Cálcio, obtemos que o operador-função é dado por <math>C=1,675 \text{ g/L}</math>.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

A situação-problema visa a identificar a taxa que relaciona a medida da massa com a medida de volume, que em termos numéricos corresponde ao valor de cada unidade. No caso, a quantidade de massa (em g de Cálcio) para 1 L de leite. Em vista disso, a resolução dessa situação pode ser realizada de acordo com o sistema sagital apresentado. Como foi solicitado o valor da concentração, a resolução é feita pela razão entre a massa e o volume.

Assim, considerando o livro de Lisboa (2016), observa-se que, dentre os dez problemas analisados, um resolvido e nove propostos para serem resolvidos, oito problemas apresentam mais de uma questão, totalizando 24 questões a serem resolvidas pelos estudantes, que foram classificadas em: multiplicação um para muitos; partição; cota e quarta proporcional.

O Quadro 16 contém o quantitativo de situações-problema, respectivas classificações, contexto das situações, as representações envolvidas nos enunciados e os conceitos matemáticos. De acordo com o Quadro 16, na página seguinte, nota-se que todas as subclasses de proporção simples estão contempladas no livro analisado, fato que é positivo do ponto de vista de Vergnaud (2009a). Dentre as vinte e quatro questões analisadas, pertencentes a dez situações-problema, a classe mais contemplada é a quarta proporcional, contendo nove questões propostas; e a classe menos contemplada é cota, com apenas duas questões.

**Quadro 16 - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Lisboa (2016)**

	Multiplicação Um para Muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações em cada classe	6	7	2	9	24
Contexto	Medicamentos (3); Alimentos (2) e Leite (1).	Medicamentos (2); tanque de cristalização de sal (3); Leite (1) e Suco (1).	Medicamentos (1) e Suco (1).	Medicamentos (1); Alimentos (2); Suco (3) e Leite (3).	
Representações envolvidas no enunciado	Língua natural (5); Língua natural acompanhada de Tabela (1).	Língua natural (3); Língua natural acompanhada de tabela (3) e Língua natural acompanhada de imagem (1).	Língua natural (2).	Língua natural (4); Língua natural acompanhada de Tabela (5).	
Ideias e conceitos matemáticos	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Porcentagem; Conversão de unidades de medida de capacidade.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de capacidade; interpretação de tabela e imagem visual.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de capacidade.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa, capacidade e tempo; Números decimais; Porcentagem; Conversão de unidades de medida de massa e capacidade.	

Fonte: Elaborado pela autora.

As situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas por Lisboa (2016) envolvem ideias e conceitos matemáticos, como multiplicação, divisão, unidades de medida de capacidade e massa, conversão de unidades de medida de capacidade e massa, números decimais; interpretação de tabela e imagem.

Ao finalizar a análise desse volume, podemos inferir que as situações-problema de Concentração Comum de Soluções propostas pelo autor possuem um caráter de contextualização, como medicamentos, alimentos, suco, leite e tanque de cristalização, aproximando o conteúdo científico à realidade do estudante, dando significado ao conteúdo. Esse livro contempla todas as classes de situações da proporção simples: sete situações de multiplicação um para muitos, sete de Partição, dois de Cota e nove de Quarta Proporcional.

Ainda podemos destacar a variedade nas representações que o autor apresenta nos enunciados das situações-problema propostos: quatorze situações em língua natural, nove situações-problema com apoio de tabela e uma situação com apoio visual de imagem, assim como os valores numéricos, que são apresentados na forma de números naturais e decimais.

#### 4.1.4 Análise do livro *Vivá Química*

O livro *Vivá Química*, de autoria de Vera Lucia Duarte de Novais e Murilo Tissoni Antunes traz o conteúdo de Concentração Comum de Soluções no capítulo dois, intitulado *Unidades de Concentração*. O conteúdo de Soluções inicia na página 36 e vai até a página 53 do livro, a seção *Concentração em gramas por litro* é destinada ao conteúdo específico de Concentração Comum de Soluções. Na seção, são dedicadas duas páginas para a apresentação do conteúdo em questão.

A autora inicia a seção com o conceito de Concentração e faz a generalização da fórmula, conforme apresentamos na Figura 7. Este problema resolvido apresenta apenas uma questão, que é classificada como partição, que consiste na operação de divisão entre massa e o volume da solução.

**Figura 7 - Problema P8: Proporção Simples – Partição**

Se um balão volumétrico de 1 L contém 10,6 g de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pode-se dizer que a concentração da solução é igual a 10,6 g/L. Mas e se transferirmos 200 mL (0,2 L) dessa solução para um béquer, qual será a concentração da solução? Reflita: se a solução que está no balão e no béquer é exatamente a mesma, a concentração em um recipiente também será igual à concentração no outro. O que há de diferente entre a solução do balão e a do béquer? A diferença está na quantidade de soluto e no volume da solução.

Análise essas relações:

<p><b>Balão</b></p> <p><math>m_1 = 10,6 \text{ g}</math>    <math>V = 1 \text{ L}</math></p>		<p><b>Béquer</b></p> <p><math>m'_1 = 10,6 \text{ g}/5 = 2,12 \text{ g}</math>    <math>V' = 1 \text{ L}/5 = 0,2 \text{ L}</math></p>
$\frac{m_1}{V} = \frac{10,6 \text{ g}}{1 \text{ L}} = \frac{2,12 \text{ g}}{0,2 \text{ L}} = 10,6 \text{ g/L}$		

A interpretação dessas informações permite dizer que em 0,2 L de solução há 2,12 g de soluto, e isso equivale a dizer que, para cada 1 L de solução, há 10,6 g de soluto.

Generalizando:

**A concentração em gramas/litro** indica a massa de soluto presente em cada unidade de volume de solução.

Matematicamente, a concentração pode ser indicada por:

$C = \frac{m_1}{V}$	$m_1$ : massa do soluto em gramas $V$ : volume da solução em litros
---------------------	--

Fonte: Novais e Antunes (2016, p. 42).

O problema P8 traz a contextualização de uma prática de laboratório, exposta por meio de língua natural, e os valores em números naturais e decimais, a conversão de unidades de medida de capacidade de mL para litro.

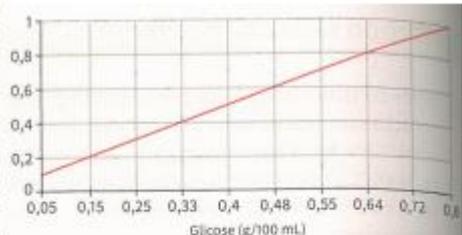
A autora fornece os valores de massa e volume para o caso inicial do Balão; em seguida, traz uma reflexão acerca da mudança de volume para a utilização de parte do volume inicial em um Béquer. No caso do Balão, o valor do volume era de 1L e, ao transferir parte da solução para um Béquer, tem-se 200mL (apresentando o valor de 200mL já realizada a conversão de unidade de medida de volume para 0,2L). A autora traz uma reflexão em relação ao Conceito de Concentração, demonstrando que o valor da concentração é constante, comprovando por meio do cálculo da fórmula de Concentração Comum de Soluções, dividindo a massa pelo volume. No caso do Balão, dividindo 10,6g por 1L; e no caso do Béquer, dividindo 2,12g por 0,2L, e em ambos os casos observamos o resultado da Concentração como 10,6g/L.

Novais e Antunes (2016) apresentam um problema resolvido e sete problemas propostos para serem resolvidos. Ainda podemos afirmar que os problemas propostos também são contextualizados. A autora propôs sete problemas e seus enunciados são elencados em língua natural, envolvendo números naturais e decimais. Em um problema, a autora trouxe informações necessárias à resolução por meio de gráfico, como na Figura 8, a seguir.

**Figura 8 – Problema P9: Proporção Simples – Multiplicação Um para Muitos**

**7. IFTM-MG (2011)** Descoberta em 1921 pelos pesquisadores canadenses Frederick G. Banting e Charles H. Best, a insulina é o hormônio que se encarrega 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  $C_6H_{12}O_6$ , 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-dinitrossalicílico, 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:

- 033 g de glicose por litro de urina.
- 0,33 g de glicose por mL de urina.
- 3,3 g de glicose por litro de urina.
- 3,3 g de glicose por 100 mL de urina.
- 33 mg de glicose por litro de urina.

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

O problema P9, para ser resolvido pelos estudantes, diz respeito ao sétimo problema proposto pela autora no livro. O problema traz uma única questão, e o enunciado traz uma situação contextualizada na área da saúde, acompanhado por um gráfico e por questões de múltipla escolha, apresentando, no enunciado, as possibilidades de resposta, de acordo com a solicitação. O gráfico de linhas exibe uma série como um conjunto de pontos conectado por uma linha, que representa, nesta situação-problema, uma grande quantidade de dados,

mostrando a tendência em relação à variação da concentração de glicose em 100mL de urina, de acordo com a intensidade da sua cor.

O gráfico representa um apoio visual, com informações relacionadas ao índice da coloração da urina com a finalidade de identificar o valor da concentração da glicose, que é de 0,33g em 100ml, expostos em números decimais. Para saber o valor da resposta, é necessária 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).

Além disso, em relação aos enunciados dos problemas propostos pela autora, dois requerem conversão de unidades de medida de capacidade.

O Quadro 17 apresenta um problema proposto pela autora para a resolução.

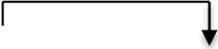
**Quadro 17 – Problema P10: Quarta Proporcional**

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 e Antunes (2016, p. 53).

O problema representado no Quadro 17 é o sexto proposto aos estudantes, e seu contexto trata da concentração da água do mar. As grandezas envolvidas no problema são Concentração e Volume. Nesse problema, a razão entre a Concentração e o Volume ( $x = 600/10$ ) é o número 60.

Razão = 60



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

Nota-se, no esquema sagital, que a razão foi calculada pela divisão do Volume pelo volume pela Concentração. A partir desse esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$10g/L \rightarrow 600L$$

$$25g/L \rightarrow x$$

Ou seja,

$$x \times 10g/L = 25g/L \times 600L$$

$$x = \frac{25g/L \times 600L}{10g/L}$$

$$x = 1500L$$

Desse modo, observamos que 10g/L é a concentração de 600L de água potável, e para a concentração de água do Mar de 25g/L, assim, são necessários 1500 litros de água do mar.

Acima, na situação de proporcionalidade entre o valor do volume e da concentração, pode-se identificar a relação entre a grandeza *Volume* e *Concentração*. Analogamente, também poderíamos considerar a relação entre *volumes* e *concentrações*. Para a resolução desta situação-problema, poderíamos fazer o uso de duas maneiras distintas: utilizar o operador multiplicativo horizontal (entre os dois tipos diferentes de grandezas envolvidas) ou vertical (entre grandezas do mesmo tipo), conforme apresentado no Quadro 18.

**Quadro 18** - Operador vertical e horizontal do Problema P10

Operador vertical	Operador horizontal
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 2,5, que usado na segunda coluna, do Volume, permite obter 1500 L de água do mar para uma concentração de 25/L de NaCl.</p>	<p>Sabendo que para uma concentração de 10/g/L de NaCl, tem-se 600L de água potável e 25g/L de NaCl, tem-se 1500L de água do mar; obtemos que o operador-função é dado por 60litros/grama.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Observamos que, nesta situação do tipo quarta proporcional, os operadores vertical e horizontal não estão explícitos no enunciado. Conforme exposto anteriormente ao Quadro 18, podemos resolver a situação de diferentes maneiras.

A autora valoriza a contextualização do conteúdo, fato que pode corroborar a aprendizagem do aluno, ao construir, em sua mente, a situação descrita no enunciado, buscando conhecimentos que podem ser aplicáveis na resolução da situação-problema, bem como

percebemos nas orientações das DCE (PARANÁ, 2018), na BNCC (BRASIL, 2017) e em pesquisas, como a de Niezer (2016).

A autora encerra a seção com mais uma abordagem no contexto da saúde, apresentado um texto intitulado *A Questão da Osteoporose*, acompanhado de um gráfico com as diferenças entre homens e mulheres em relação à perda óssea, e uma tabela com alimentos que possuem a maior quantidade de cálcio em mg. Neste sentido, o conteúdo colabora com a aquisição de práticas que visem à promoção própria da saúde por parte do estudante.

No livro de Novais e Antunes (2016) foi exposto um problema resolvido e três problemas propostos para resolução pelos estudantes, sendo dois com duas questões e um com três questões, totalizando oito questões a serem resolvidas, configurando oito situações-problema distintas e classificadas em: multiplicação Um para muitos, Partição, Cota e quarta Proporcional. O quadro 19 compreende o quantitativo de situações-problema, respectivas classificações, contexto das situações, as representações envolvidas nos enunciados e os conceitos matemáticos.

**Quadro 19** - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Novais (2016)

	Multiplicação Um para Muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações em cada classe	1	4	1	2	8
Contexto	Rótulo de água mineral.	Solução de NaCO <sub>3</sub> (Carbonato de Sódio) (2); Suco (1) e Exame de urina (1).	Vinagre.	Vinagre (1) e água do mar (1).	
Representações envolvidas no enunciado	Língua natural.	Língua natural (3) e Língua natural acompanhada de gráfico (1).	Língua natural.	Língua natural (2).	
Ideias e Conceitos matemáticos	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de capacidade; Números decimais.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de capacidade; interpretação de gráfico de linha e valor escalar.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Conversão de unidades de medida de capacidade.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de capacidade; Números decimais.	

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da análise deste volume, aferimos que ele contempla todas as classes de situações da proporção simples: uma situação de multiplicação Um para muitos, quatro de Partição, uma de Cota e duas de Quarta Proporcional, fato que é positivo, do ponto de vista da Teoria dos Campos Conceituais. No entanto, observamos que são poucas as situações contempladas na obra, uma vez que são três problemas propostos, e as classes de Cota e multiplicação Um para muitos são propostas uma única vez no volume analisado.

As situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas por Novais e Antunes (2016) relacionam ideias e conceitos matemáticos, como multiplicação, divisão, unidades de medida de capacidade e massa, conversão de unidades de medida de capacidade, números decimais, interpretação de gráfico e valor escalar.

No que concerne à contextualização, valorizada pela autora ao apresentar os problemas, compreendemos que, dessa forma, o conteúdo torna-se mais interessante e significativo para o estudante, como rótulo de água mineral, vinagre, água do mar, exame de urina e duas situações contextualizadas como solução química de Carbonato de Cálcio. A autora traz contextualizações relacionadas a questões de saúde, que podem ajudar os estudantes em percepções de situações de risco, promovendo a conscientização sobre a necessidade de uma vida saudável. A partir de situações contextualizadas, é estimulada, no estudante, a curiosidade de observar, analisar e aprender. Para Silva (2013), a contextualização é o recurso capaz de promover as inter-relações entre conhecimentos escolares e situações presentes no dia a dia dos estudantes, fornecendo significados aos conteúdos escolares, incitando os alunos a aprender de forma significativa.

No que se refere às representações, a autora traz nos enunciados: sete situações-problema em língua natural, uma situação-problema com apoio visual de gráfico, e os valores numéricos que são apresentados na forma de números naturais em quatro situações, e números decimais presentes nas outras quatro situações-problema.

#### **4.1.5 Análise do livro *Química 2 – Ensino Médio***

O livro com título *Química 2 – Ensino Médio* é de autoria de Carlos Alberto Mattoso Ciscato, Luis Fernando Pereira, Emiliano Chemello e Patrícia Barrientos Proti. O conteúdo de Concentração Comum de Soluções encontra-se no Capítulo 1, intitulado como *Água Potável: propriedades físicas e químicas e processos de obtenção*, e compõe o tema 02 - *As Principais Formas de expressar as concentrações dos Solutos nas Soluções*. O conteúdo é iniciado na página 25 e encerra na página 36 do livro. O conteúdo específico de Concentração Comum de

Soluções está na seção *Expressando Concentrações em gramas por litro e em Quantidade de Matéria*, o qual tem uma página dedicado a ele.

Ao expor o início do conteúdo de Concentração Comum de Soluções, os autores discorrem sobre o exemplo da água mineral, explicando o conceito de Concentração Comum de Soluções e citando exemplo do Fluoreto na composição, conforme Figura 9. Este problema pode ser classificado como partição, privilegiando a operação de divisão entre massa de Fluoreto - 1,5g e o volume da água mineral – 1000L.

**Figura 9 - Problema P11: Proporção Simples – Partição**

◆ **Expressando concentrações em gramas por litro e em quantidade de matéria**

Observe no início do *Tema 1* o exemplo de rótulo de uma garrafa de água mineral. Quais são as unidades utilizadas para expressar as concentrações das espécies químicas presentes na água? Elas poderiam ser expressas também em g/L (gramas do soluto por litro da solução), chamada **concentração comum**, ou, ainda, em mol/L (mol do soluto por litro da solução), chamada **concentração em quantidade de matéria**. Para expressar as concentrações das espécies químicas presentes na água dessas duas maneiras, pode-se admitir que a densidade da água potável é praticamente igual à da água pura, e assim considera-se como válida a relação 1,0 g de solução/1 mL de solução. Desse modo, pode-se relacionar uma concentração expressa em ppm a um valor em gramas por litro e, conseqüentemente, em quantidade de matéria (mol/L). Acompanhe o raciocínio a seguir considerando a concentração de 1,5 ppm de fluoreto na água potável.

1,5 ppm = 1,5 g de fluoreto dissolvido em 1 milhão de gramas de solução  
corresponde a  
1,5 g de fluoreto dissolvido em 1 milhão de mililitros de solução, já que a densidade da solução é igual a 1,0 g/mL  
ou  
1,5 g de fluoreto dissolvido em 1.000 L de solução ou, simplesmente,  $1,5 \cdot 10^{-3}$  g de fluoreto/L

Fonte: Ciscato *et al.* (2016, p. 29).

Neste caso específico, os autores não trazem a resolução da situação-problema no exemplo, expondo uma contextualização a partir das informações de um rótulo de água mineral. A situação está exposta apenas pelo enunciado em língua natural, relacionando três formas distintas de concentração, expondo como Concentração Comum de Solução o valor de 1,5 g de fluoreto dissolvido em 1000L de solução. Ainda, destacamos a presença de números naturais, decimais e potência para expressar os valores numéricos.

O Quadro 20 apresenta o problema P12, proposto pelos autores para ser resolvido pelos estudantes. A situação compreende três itens para a resolução e traz as informações no formato de tabela.

**Quadro 20** - Situação-problema P 12 – a) Partição, b) Multiplicação Um para Muitos e c) Cota

Com base nas relações estabelecidas para a determinação da concentração de soluções, copie o quadro a seguir em seu caderno e complete-o corretamente.

	Fórmula do Solute	Massa do Solute(g)	Volume da Solução (L)	Concentração Comum (g/L)
a)	NaOH	80	5	?
b)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	?	5	10
c)	NaNO <sub>3</sub>	85	?	170

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

O problema representado no Quadro 20 é o primeiro problema proposto, e seu contexto trata da concentração de três substâncias distintas: NaOH (Hidróxido de Sódio), C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> (Glicose) e NaNO<sub>3</sub> (Nitrato de Sódio). As grandezas envolvidas no item A são massa e volume, sendo necessária a resolução por meio da divisão entre o valor da massa pelo valor do volume para encontrar o valor da concentração. No item B, as grandezas apresentadas referem-se ao valor da concentração e do volume, sendo requerido o valor da massa, podendo ser obtido pela multiplicação do valor da concentração pelo valor do volume; e no item C são dados os valores da massa e concentração, solicitando o valor do volume, que pode ser obtido por via da operação de divisão do valor da massa pelo valor da concentração. Em seguida, trazemos o esquema sagital para o item A da situação-problema.

Considerando as informações do item (a) do Problema P12, pode-se observar o seguinte esquema sagital:

C = desconhecida.

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

Para este problema, a partir da análise horizontal, identificamos o valor do operador-função. No entanto, precisamos olhar para o escalar 5 que, na mesma grandeza, faz passar o volume de 5 L para 1 L. De modo análogo, se observarmos a grandeza massa e aplicarmos o mesmo escalar 5, obtemos  $x = 16g$ .

A partir do esquema sagital, temos as seguintes relações e cálculos matemáticos:

$$1L \rightarrow x \text{ mg}$$

$$5L \rightarrow 80g$$

Ou seja,

$$x \times 5L = 80g \times 1L$$

$$x = \frac{80g \times 1L}{5L}$$

$$x = 16gx = 16g/L$$

O item A do Problema pode ser classificado como Proporção Simples - Partição. Para isso, apresenta-se a seguinte resolução: em vista do exposto, a análise horizontal é mais delicada, pois implica não somente a noção de relação numérica, como também o quociente de dimensões, logo, busca-se por um operador-função que permita passar de uma grandeza para outra. A saber, passa de volume para Massa, que na química é representado pela concentração. Deste modo, temos a seguinte interpretação:

Se em 1L de solução tem-se 16g e em 5L de solução tem-se 80g; portanto, temos a constante de proporcionalidade 16g/L, dada pela expressão:

$$\frac{80g}{5L} = \frac{16g}{1L}, \text{ que representa o operador-função.}$$

Assim, notamos que o volume de 5L possui 80g de massa de NaOH, com uma concentração comum de 16g/L, respondendo à pergunta do enunciado do item A do problema. A partir do referido item A do problema e dos dados expostos no esquema sagital anterior, podemos analisar os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado no Quadro 21.

**Quadro 21** - Operador vertical e horizontal da situação-problema P12, item A

Operador vertical	Operador horizontal
<p>1 L                      16g      ↑                      ↑      (÷5)                      (÷5)      5 L                      80g</p>	<p>×16g/L      1 litro de solução      →      16 g      ×16g/L      5 litros de solução      →      80 g</p>
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 5, que usado na segunda coluna, da massa, permite obter 16 g de NaOH em 1 litro de solução.</p>	<p>Sabendo que em 1 L de solução tem 16 g de NaOH, obtemos que o operador-função é dado por C=16 g/L.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016)

Na relação vertical realizam-se operações entre as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). Isso nada mais é do que usar – na coluna das gramas – a operação que expressa a passagem de 5 para 1 litro da

primeira coluna. Já na relação horizontal, diferentemente da relação anterior, os operadores horizontais possuem dimensão, visto que a concentração é expressa em gramas por litro.

Considerando as informações apresentadas na tabela apresentada no Quadro 21, observamos o seguinte esquema sagital para o item B:

$$C = 10\text{g/L}$$

Volume (L)	Massa (g)
1	10
5	$x$

O item B da situação-problema pode ser classificado como Proporção Simples – Multiplicação Um para Muitos. Desse modo, constata-se a seguinte resolução: diferentemente da resolução do item A da situação-problema, o item B precisa da obtenção do valor da massa. A partir do item B, o problema e os dados expostos no esquema sagital anterior, podemos analisar os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função), conforme apresentado no Quadro 22.

**Quadro 22** - Operador vertical e horizontal da situação-problema P12, item B

Operador vertical	Operador horizontal
<p>Na primeira coluna, do volume, identificamos o escalar 5, que aplicado na segunda coluna, da massa, permite obter 50g de <math>C_6H_{12}O_6</math> em 5 litros de solução.</p>	<p>Sabendo que em 1 L de solução tem-se 10 g de <math>C_6H_{12}O_6</math>, obtemos que o operador-função é dado por <math>C=10\text{g/L}</math>.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

Na relação vertical, atentamos para as grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). De acordo com o quadro 22, para determinar o valor de  $x$  gramas, realizamos a multiplicação de 5 pelo operador ( $x5$ ). Em outras palavras, aplicamos, na coluna das gramas, a operação que expressa a passagem de 1

para 5 litros da primeira coluna. Ao passo que na relação horizontal, os operadores horizontais possuem dimensão, visto que a concentração é expressa em gramas por litro, isto é, 10g/L.

Considerando as informações do item C do Problema P12, analisamos o seguinte esquema sagital.

$$C = 170\text{g/L}$$

Volume (L)	Massa (g)
1	170
$x$	85

No que tange ao item C da situação-problema, ele pode ser classificado como Proporção Simples - Cota. A partir do item C do problema e dos dados compreendidos no esquema sagital anterior, analisamos os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função) de acordo com quadro apresentado abaixo.

**Quadro 23** - Operador vertical e horizontal da situação-problema, item C

Operador vertical	Operador horizontal
Na segunda coluna, da massa, identificamos o escalar 2, que usado na primeira coluna, do volume, permite obter 0,5 L de solução com 85 g de NaNO <sub>3</sub> .	Sabendo que em 1 L de solução tem-se 170 g de NaNO <sub>3</sub> , obtemos que o operador-função é dado por $C=170\text{g/L}$ .

Fonte: Adaptado de Zanella (2016).

No operador vertical, apresentam-se grandezas de mesmo tipo (que estão na mesma coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (segunda coluna). Ao atentar para o quadro acima, para determinar o valor de  $x$  litros, realizamos a divisão de 170 pelo operador ( $\div 2$ ). Explicando de outra forma, aplicamos, na coluna das gramas, a operação que expressa a passagem de 1 para 0,5 litros da primeira coluna. No operador horizontal, as dimensões são diferentes, já que a concentração é expressa em gramas por litro, logo, 170g/L.

Como se pode notar, ao finalizar a análise do livro, os autores não trazem a resolução de um problema no exemplo, expondo uma contextualização a partir das informações de um rótulo de água mineral. O enunciado é apresentado em língua natural, mostrando como Concentração Comum de Solução o valor de 1,5 g de fluoreto dissolvido em 1000L de solução. Assim, destacamos a presença de números naturais, decimais e potência para expressar os valores numéricos.

Ainda são propostos três problemas para serem resolvidos pelos estudantes, sendo um deles com três itens distintos, outro com duas questões, e um com apenas uma questão, totalizando seis questões a serem resolvidas; portanto, seis situações-problema distintas, classificadas em: multiplicação Um para muitos, Partição e Cota. O livro não apresenta todas as classes analisadas nesta pesquisa, não possuindo nenhuma situação-problema passível de ser classificada como quarta proporcional. O Quadro 24 compreende o quantitativo de situações-problema, respectivas classificações, contexto das situações, as representações envolvidas nos enunciados e ideias e conceitos matemáticos.

**Quadro 24** - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Ciscato *et al.* (2016)

	Multiplicação Um para Muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações em cada classe	2	2	2	-	6
Contexto	Solução de glicose (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> ) (1) e Estação de Tratamento de Água (1).	Solução de NaOH (Hidróxido de Sódio) (1) e Medicamentos (1).	Solução de NaNO <sub>3</sub> (Carbonato de Sódio) (1) e Medicamentos (1).	-	
Representações envolvidas no enunciado	Língua natural (1) e Língua natural acompanhada de Tabela (1).	Língua natural (1) e Língua natural acompanhada de Tabela (1).	Língua natural (1) e Língua natural acompanhada de Tabela (1).	-	
Ideias e Conceitos matemáticos	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de capacidade; Conversão de unidade de medida de massa; interpretação de tabela.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de massa; interpretação de tabela.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de massa; interpretação de tabela.	-	

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao término da análise deste volume, inferimos que ele não contempla todas as classes de situações da proporção simples. Em relação à contextualização, observa-se que os autores valorizam as situações reais, trazendo situações-problema em contextos variados, como de diferentes conjunturas, tratamento de uma estação de água, medicamentos e três situações de soluções químicas (Glicose, Hidróxido de Sódio e Nitrato de Sódio). Este é aspecto de grande relevância, pois, ao contextualizar o conteúdo de Concentração Comum de Soluções, o estudante entende a importância da aprendizagem deste conteúdo, visto que pode aplicá-lo na compreensão dos fatos, como os expostos nos enunciados das situações-problema propostas pelos autores.

Ainda destacamos a variedade de classes em relação às representações nos enunciados das situações-problema propostos: três são expostos em língua natural e três situações-problema com apoio visual de tabela e os valores numéricos que são apresentados na forma de números naturais e decimais; duas situações não requerem a conversão de unidade de medidas, uma delas requer a conversão de unidades de medida de massa e capacidade, e uma requer a conversão de unidade de massa. Quanto às representações que incluem tabela nos enunciados, pode-se afirmar que elas possibilitam a interpretação de dados e informações; no caso da situação-problema proposta, a interpretação dos dados referentes aos valores de concentração, massa e volume.

Em relação aos conceitos matemáticos contidos nas conjunturas das situações-problema de Concentração Comum de Soluções de Ciscato *et al.* (2016), podemos afirmar que as respectivas situações articulam ideias e conceitos matemáticos, como multiplicação, divisão, unidades de medida de capacidade e massa, conversão de unidades de medida de capacidade, números decimais e interpretação de tabela.

Segundo Vergnaud (1986 *apud* Magina *et al.*, 2000), a aprendizagem acontece por meio das experiências com um grande número de situações, tanto dentro como fora da escola. Neste sentido, corrobora a pesquisa ao destacar a importância da variedade das classes das situações-problema de Concentração Comum de Soluções e a diversidade dos contextos que as situações são apresentadas.

#### 4.1.6 Análise do livro *Química Cidadã*

O livro intitulado *Química Cidadã* é de autoria de Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson Mol, cujo conteúdo de Concentração Comum de Soluções encontra-se no volume dois da coleção e faz parte do Capítulo 2, intitulado *Cálculos Químicos – Estequiometria e Soluções*,

presente nas páginas 41 a 98 do livro. O conteúdo específico de Concentração Comum de Soluções encontra-se na seção *Concentração e Composição* - item *Concentração em Massa*, que tem uma página destinado para sua discussão.

No início da seção, o autor traz o conceito de Concentração em massa e expõe a respectiva fórmula. Após, Santos e Mol (2016) demonstra um problema resolvido sobre a Concentração em massa do cloreto de sódio no soro fisiológico, conforme apresentamos na Figura 10.

**Figura 10** - Problema P13: Proporção Simples – Partição

A concentração em massa de uma solução ( $C_{m/v}$ ) expressa a relação entre massa do soluto ( $m_s$ ) e volume da solução ( $V$ ).

A concentração em massa é expressa da seguinte forma:

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

Vejamos um exemplo:

**1.** Qual será a concentração em, massa, de cloreto de sódio em um soro fisiológico que possui 9 g desse sal dissolvido em 100 mL de água?

$$C_{m/v} (\text{NaCl}) = \frac{9 \text{ g NaCl}}{100 \text{ mL}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L solução}} = \frac{90 \text{ g NaCl}}{1 \text{ L solução}} = 90 \text{ g/L}$$

Fonte: Santos e Mol (2016, p. 68).

Em relação ao problema resolvido apresentado na Figura 10, observamos que está exposto apenas por meio de língua natural, trazendo um contexto relacionado a um medicamento. O autor mostra os valores de massa e volume em forma de valores numéricos naturais e, em seguida, traz a resolução utilizando a fórmula para calcular a Concentração Comum de Soluções. A situação-problema requer conversão de unidades de medida de capacidade, pois o volume é dado em mL no enunciado, e a resposta da Concentração é dada em g/L.

Na sequência, exibimos um dos problemas propostos, que apresenta uma única questão, situação passível de ser classificada como Proporção Simples Cota, conforme o Quadro 25.

**Quadro 25** - Situação-Problema P14 – Proporção Simples Cota

Um analgésico, em gotas, deve ser ministrado na quantidade de 3 mg por quilograma de peso corporal, não podendo exceder 200mg 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).

O problema exposto no Quadro 25 corresponde ao terceiro problema proposto para resolução, no livro didático de Santos e Mol (2016). O contexto da situação refere-se à dosagem de medicamento, conforme massa corporal. Já os valores numéricos apresentados estão em números naturais.

Resolução:

$m$  (analgésico) = (3 mg analgésico/kg) x (80kg) = 240mg - ou seja, acima da dosagem máxima de 200mg. Portanto, a dosagem máxima a ser administrada será de 200mg.

Considerando as informações do Problema, temos o seguinte esquema sagital.

Razão = 5mg/gota

Volume (gotas)	Massa (mg)
1	5
$x$	200

A situação-problema pode ser classificada como Proporção Simples Cota, e a partir do Problema e dos dados apresentados no esquema sagital anterior, notamos os operadores vertical (escalar) e horizontal (operador-função) como exibido no Quadro 26.

**Quadro 26** - Operador vertical e horizontal da situação-problema P14

Operador vertical	Operador horizontal
<p style="text-align: center;">1 gota                      5mg ↓                      ↓                     (x40)                      (x40) 40 gotas                      200mg</p>	<p style="text-align: center;">5mg/gota</p> <p style="text-align: center;">1 gota                      →                      5mg</p> <p style="text-align: center;">5mg/gota</p> <p style="text-align: center;">40 gotas                      →                      200mg</p>
<p>Na segunda coluna, da massa, identificamos o escalar 40, que ao ser usado na primeira coluna, das gotas, permite obter 40 gotas de analgésico para 200mg do medicamento;</p>	<p>Sabendo que em 1 gota do analgésico tem-se 5mg do medicamento, obtemos que o operador-função é dado por 5mg/gota.</p>

Fonte: Adaptado de Zanella (2016)

No operador vertical, apresentam-se grandezas de mesmo tipo (gotas na primeira coluna) e são estendidas às grandezas do outro tipo (mg na segunda coluna). Assim, no Quadro 26, para determinar o valor de  $x$  gotas, realizamos a multiplicação de 5 pelo operador (x40),

que nada mais é do que aplicar, na coluna das gotas, a operação que expressa a passagem de 1 para 40 gotas da primeira coluna. Já no operador horizontal, as dimensões são diferentes, porque a razão é expressa em mg por gotas, ou seja, 5mg por gota.

A seção do conteúdo de Concentração Comum de Solução é encerrada pelo autor com uma lista de exercícios. São expostos um problema resolvido e cinco problemas para resolução, e um deles traz quatro questões para serem resolvidas, outro traz três questões, e os demais uma questão, totalizando, junto do problema resolvido, onze questões distintas, logo, onze situações-problema passíveis de ser classificadas nas subclasses de Partição Simples. O Quadro 27 compreende o quantitativo de situações-problema, respectivas classificações, contexto das situações, as representações envolvidas nos enunciados e os conceitos matemáticos.

**Quadro 27** - Síntese das análises das situações-problema de Concentração Comum de Soluções - Santos (2016)

	Multiplicação um para muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Quantidade de situações em cada classe	-	6	2	3	11
Contexto	-	Solução de cloreto de sódio (1); Bebidas energéticas (4) e Refrigerante (1).	Medicamentos (2).	Medicamentos (3).	
Representações envolvidas no enunciado	-	Língua natural (5) e Língua natural acompanhada de tabela (1).	Língua natural (2).	Língua natural (2).	
Ideias e Conceitos matemáticos	-	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais; Conversão de unidades de medida de capacidade; interpretação de tabela.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais.	Multiplicação, Divisão; Unidades de medida de massa e capacidade; Números decimais.	

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao realizar a análise da variedade das classes elencadas para esta pesquisa, percebemos que o autor não apresenta situações-problema que contemplam todas elas, pois não identificamos nenhuma situação de Multiplicação um para muitos. Foram identificadas somente duas situações-problema de Cota e três de Quarta proporcional, e as que aparecem em maior

número são as situações de Partição, seis situações-problema, totalizando onze situações-problema sobre o conteúdo de Concentração Comum de Soluções.

As situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas por Santos e Mol (2016) apresentam ideias e conceitos matemáticos, como Multiplicação, Divisão, Unidades de medida de massa e capacidade, Números decimais, Conversão de unidades de medida de capacidade e interpretação de tabela.

Para finalizar a análise do livro, em relação aos contextos, podemos afirmar que Santos e Mol (2016) os exibem em conjunturas diferenciadas, como medicamentos, bebidas energéticas e refrigerantes. As situações-problema contextualizadas estimulam a curiosidade e despertam o interesse dos estudantes pelo conteúdo de Concentração Comum de Soluções, pois eles percebem a aplicabilidade do conteúdo em fatos e situações do seu dia a dia, como a concentração de determinadas substâncias em medicamentos, bebidas, entre outras temáticas de seu cotidiano.

Ademais, destacamos que, das onze situações-problema propostas para os estudantes, dez delas são enunciadas em língua natural e uma tem o apoio visual de uma tabela, apresentando os dados numéricos em números naturais e em números decimais.

Um dos problemas requer a conversão de unidades de medida de massa e capacidade; um deles, apenas conversão de unidades de medida de capacidade; um, apenas conversão de unidade de medidas de massa; e dois deles não requerem conversão na sua resolução.

Portanto, as situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas em conjuntura contextualizada oportunizam aos estudantes uma aprendizagem significativa. A contextualização dos conhecimentos precisa ser articulada às dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura, viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo, relacionar teoria e prática – ou o conhecimento teórico à resolução de problemas da realidade social, cultural ou natural (BRASIL, 2017).

## **4.2 Síntese Interpretativa dos dados**

Ao realizar a análise dos livros didáticos, notamos que as situações-problema exibem variedades em relação à classificação de acordo com a TCC, mas predomina, com ênfase, Partição. Além de ser o tipo de Partição que aparece em maior quantidade nas situações analisadas, também é o tipo que aparece em maior quantidade nos seis livros analisados. Dos quarenta e um problemas resolvidos e propostos, que totalizam sessenta e nove questões,

situações-problema distintas de Concentração Comum de Soluções, treze pertencem à classificação Multiplicação um para muitos, oito são de Cota, quinze de Quarta proporcional, e trinta e três deles são classificados de Partição, como descrito na Tabela 4.1.

**Tabela 1** - Situações-problema em cada livro didático de acordo com a classificação do Campo Conceitual Multiplicativo – Proporção Simples

	Multiplicação um para muitos	Partição	Cota	Quarta proporcional	Total
Fonseca	3	6	1	1	11
Mortimer	1	8	-	-	9
Lisboa	6	7	2	9	24
Novais	1	4	1	2	8
Ciscato <i>et al.</i>	2	2	2	-	6
Santos	-	6	2	3	11
	13	33	8	15	69

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

No caso desta investigação, observamos que, no tipo de Multiplicação um para muitos, se enquadram as situações-problema de Concentração Comum de Soluções que apresentam os valores da concentração, unidades de medida de massa para uma unidade de medida de capacidade, e do volume que é dado a partir de determinado valor de unidades de capacidade e buscam o valor da massa para esse respectivo volume. O volume obtido por meio da multiplicação entre os valores da concentração e do volume enquadram-se neste tipo de classificação. De sessenta e nove situações-problema de Concentração Comum de Soluções, treze são situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Multiplicação um para muitos.

A classe de situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Partição almeja encontrar o valor unitário. Este tipo de situação-problema traz, em seu enunciado, uma quantidade inicial e o número de partes em que a quantidade inicial deve ser repartida, empreendendo-se a busca pelo valor de cada uma das partes. Em relação à análise realizada em nossa pesquisa, evidenciamos que as situações-problema de Concentração Comum de Soluções que trazem o valor da massa e do volume e que buscam o valor da concentração, obtido por meio do quociente dos valores da massa pelo volume, encontram-se neste tipo de classificação, sendo, portanto, as que prevalecem em relação à quantidade das situações-problema nos livros didáticos investigados. Isto porque, de um total de sessenta e nove situações, trinta e três são situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Partição.

A classe de situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Cota considera o quociente, em que se busca o número de partes em que o todo foi repartido; o todo representa o dividendo, e o divisor refere-se ao tamanho das partes (cotas). Este tipo de divisão envolve

uma inversão direta do operador função. Em nossa pesquisa, observamos que, nas situações-problema de Concentração Comum de Soluções, as situações que fazem parte deste tipo de classificação são as situações que apresentam o valor da massa e da concentração, e buscam o valor do volume. Sabemos, por meio do valor dado da concentração, o valor da massa em uma unidade de medida de capacidade, e buscamos o valor desconhecido de quantas unidades de medida de capacidade são necessárias para certo valor de unidades de medida de massa. Em nossa investigação nos livros didáticos, percebemos que, das sessenta e nove situações-problema de Concentração Comum de Soluções, apenas oito delas são situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Cota.

Vergnaud (1985) refere-se a dificuldades na compreensão de divisão, pela necessidade de serem efetuados cálculos relacionais diferentes: procurar e obter a extensão da parte (valor unitário de mesma medida) conforme o valor escalar indicado (na divisão por partição); ou procurar e obter o número de partes (a cota) conforme a extensão indicada (na divisão por *cota*).

A classe de situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Quarta proporcional consiste em comparar duas razões equivalentes. São situações-problema de relação quaternária que não apresentam nenhum valor igual ao valor unitário. O processo de resolução de problemas de Quarta proporcional, principalmente aqueles cujas medidas da mesma grandeza são conhecidas e não são múltiplas entre si, é mais complexo do que o de problemas de proporção simples de Multiplicação um para muitos, exigindo um esforço cognitivo maior do estudante. Em nossa investigação nos livros didáticos, percebemos que, das sessenta e nove situações-problema de Concentração Comum de Soluções, apenas quinze delas são situações-problema de Isomorfismo de Medidas do tipo Quarta proporcional.

As diferentes classes das situações-problema de Concentração Comum de Soluções permitem ao estudante atribuir o sentido ao conceito, ofertando oportunidade de significado ao Campo Conceitual Multiplicativo. Afinal, um só conceito precisa de uma variedade de situações para se tornar significativo (VERGNAUD, 1990).

Bittar (2009) alerta que a TCC pode ser vista como uma ferramenta capaz de auxiliar nos processos de ensino e de aprendizagem, visando a superar as dificuldades dos estudantes.

Em relação às formas de representações matemáticas analisadas nos quarenta e um problemas resolvidos e propostos nos livros didáticos sobre Concentração Comum de Soluções, trinta e dois deles trazem apenas enunciados com língua natural, ou seja, a maioria dos enunciados dos referidos problemas não possuem apoio visual necessários para a resolução, como imagens, gráficos ou tabelas. Na análise realizada, apenas um problema traz apoio visual de imagem e outro de gráfico, e sete deles são acompanhados de tabela.

Por sua vez, em relação às formas de representações matemáticas solicitadas nos problemas, dos quarenta e um problemas resolvidos e propostos, quinze deles requerem a resolução de cálculos com valores numéricos em forma de números naturais, e vinte e seis deles requerem a resolução de cálculos numéricos com valores em forma de números naturais e decimais. Ainda destacamos que treze problemas requerem conversão de unidades de medida de capacidade, cinco requerem conversão de unidades de medida de massa, três requerem conversão de unidades de medida de capacidade e massa, e vinte deles não requerem conversão de unidades de medida. “As representações mentais recobrem o conjunto de imagens e, mais globalmente, as conceitualizações que um indivíduo pode ter sobre um objeto, sobre uma situação e sobre o que lhe é associado” (DUVAL, 2012, p. 269).

A Tabela 2 traz informações referentes às formas de representações matemáticas e aos conceitos matemáticos dos problemas resolvidos e propostos nos livros didáticos.

**Tabela 2** - Formas de representações matemáticas e os conceitos matemáticos dos problemas resolvidos e propostos que foram investigadas nos livros didáticos

	Fonseca	Mortimer	Lisboa	Novais	Ciscato <i>et al.</i>	Santos
Língua natural	05	06	07	07	03	04
Enunciado acompanhado de gráfico	-	-	-	01	-	-
Enunciado acompanhado de imagem	-	-	01	-	-	-
Enunciado acompanhado de tabela	02	01	02	-	01	01
Valor numérico em números naturais	03	02	04	04	-	02
Valor numérico em números naturais e decimais	04	05	06	04	04	03
Não requer conversão de Unidades de Medida	02	01	07	06	02	02
Requer Conversão de Unidades de Medida de Capacidade	04	04	02	02	-	01
Requer Conversão de Unidades de Medida de Capacidade e Massa	-	-	01	-	01	01
Requer Conversão de Unidades de Medida de Massa	01	02	-	-	01	01

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Observamos que a maioria dos problemas resolvidos e propostos não apresentam apoio visual no enunciado, ou seja, trinta e dois problemas. Ademais, a maioria envolve a presença

de valores numéricos com números decimais, isto é, vinte e seis problemas; e vinte problemas não requerem a conversão de unidades de medida.

Neste sentido, apresentamos alguns pontos que elencamos como resultado de nossa pesquisa, que consideramos como primordiais acerca da conjuntura das situações-problema de Concentração Comum de Soluções e aspectos matemáticos envolvidos, entre eles, a presença significativa de cálculos com números decimais, a presença de unidades de medida de massa e capacidade e a conversão delas, e o caráter da diversidade de contextos e de signos. Assim, trazemos para a finalização destas análises a contribuição de outras pesquisas que possuem relação com os pontos aqui elencados.

Como apresentado na Tabela 2, notamos que vinte e seis problemas de Concentração Comum de Soluções investigados nos livros didáticos envolve cálculos com números decimais. Esteves e Souza (2012) explicitam que as dificuldades dos estudantes, relativas à aprendizagem dos números decimais, são de dois tópicos, levantados 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, pois eles *enxergam* os decimais como naturais separados por vírgula. Dessa forma, eles sentem dificuldade de compreender os números decimais como um número que pertence a outro conjunto numérico. Para os autores, o fator predominante é que, talvez, a falta de compreensão conceitual e do sistema posicional decimal seja a causa dos erros dos estudantes em relação aos números decimais.

Também é possível inferir que todas as situações-problema de Concentração Comum de Soluções envolvem unidades de medida de capacidade e massa, e dos quarenta e um problemas analisados, vinte e um deles requerem a Conversão de algum tipo de unidade de medida, massa, capacidade, ou ainda massa e capacidade. Costa, Vilaça e Melo (2020) salientam que as Grandezas e Medidas podem ser encontradas em diversas situações do mundo real, mas nem sempre são percebidas de forma clara. Posto isto, os autores destacam a urgência de os estudantes notarem a presença desse saber matemático nas práticas sociais, na conexão com outras áreas do conhecimento, além de com outros campos da própria matemática, evidenciando a necessidade desse campo da matemática para o pleno exercício da cidadania.

As análises mostram, ainda, a presença de ideias e conceitos matemáticos, como Multiplicação, Divisão, Unidades de medida de massa e capacidade, Números decimais, Conversão de unidades de medida de capacidade, e interpretação de tabela, gráfico e imagem. Podemos fazer um paralelo à pesquisa de Scott (2012), que teve como objetivo determinar a fonte da dificuldade que os estudantes geralmente encontram ao realizar cálculos em química.

O autor apontou que o principal motivo de falha nas questões de química foi devido a uma falta de entendimento das operações matemáticas básicas, como divisão e multiplicação, principalmente quando usadas em conjunto com frações ou proporções.

Em relação à contextualização que se faz presente nos problemas de Concentração Comum de Soluções analisados nesta pesquisa, podemos afirmar que ela é usada como exemplificação e descrição de fatos ou situações do cotidiano, com o intuito de uma abordagem de questões sociais, com vistas a desenvolver atitudes e valores em relação, por exemplo, à leitura e à interpretação de informações sobre Concentração Comum de Soluções presente nos rótulos de produtos alimentícios, medicamentos, inferindo uma vida mais saudável. Ainda em relação à contextualização, a BNCC menciona que ela é apresentada como o processo de compreensão e intervenção dos estudantes para o meio em que vivem, influenciando nas transformações de uma dada realidade (BRASIL, 2017).

Como resultado de nossa pesquisa, em relação ao contexto, das sessenta e nove questões analisadas, sessenta e nove situações distintas, quinze delas trouxeram cenários referentes às soluções químicas de NaOH, HCl,  $\text{NaNO}_3$ , entre outras. Porém, deste total de situações investigadas, percebemos cinquenta e quatro delas relacionadas a contextos da realidade dos estudantes, como Medicamentos, Alimentos, Bebidas, entre outros. Este fato é considerado positivo, pois atende às considerações e orientações dos documentos educacionais, no que diz respeito à contextualização.

As DCE de Química do Estado do Paraná orientam que os conteúdos sejam abordados pelas disciplinas que lhes são afins, de forma contextualizada, articulados com os respectivos objetos de estudo dessas disciplinas, e sob o rigor de seus referenciais teórico-conceituais (PARANÁ, 2008).

Niezer (2016) afirma que, por perceber, durante a prática docente, que muitos estudantes de Ensino Médio não conseguem estabelecer relações entre os conceitos químicos apresentados em sala de aula e as modificações que ocorrem no meio em que vivem, porque geralmente os conceitos relacionados às Soluções químicas são trabalhados com ênfase nos cálculos e aplicações de fórmulas, sem relações com as atividades da vida cotidiana, conclui que se acaba por valorizar os aspectos quantitativos do conteúdo, deixando para segundo plano os qualitativos. Isto vem ao encontro com as compreensões que obtivemos em nossa pesquisa, no sentido de que os conceitos matemáticos são necessários para a resolução de problemas de Química, assim como as situações-problema analisadas em livros didáticos se encontram em cenários contextualizados.

Segundo Vergnaud (1993), em relação à ideia de variedade, podemos afirmar que observamos uma diversidade nas classes de situações, de acordo com o Campo Conceitual Multiplicativo, Proporção Simples: Multiplicação um para muitos, Partição, Cota e Quarta proporcional. Também observamos diferentes conceitos matemáticos envolvidos, como multiplicação, divisão, operações com números decimais, unidades de medida, conversão de unidades de medida, entre outros. Ainda, em relação aos contextos, as situações são apresentadas de por meio de cenários distintos, os quais são contextualizados.

Além disso, no que diz respeito à história, consideramos as situações-problema de Concentração Comum de Soluções investigadas nesta pesquisa como oportunidades de situações a serem enfrentadas e dominadas pelos estudantes, principalmente no que tange à aplicabilidade dos conceitos matemáticos, podendo contribuir com a conjuntura da história de vivência e de aprendizagem.

Finalizamos o capítulo das análises reafirmando a notoriedade da contextualização em situações-problema de química, especificamente no conteúdo de Concentração Comum de Soluções, com uma lição destacada pelo próprio Vergnaud (2008, p. 14) “no que concerne a questão, propriamente pedagógica, da relação entre as situações emprestadas de uma cultura tida como não escolar e sua transposição para a sala de aula”.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo principal de *analisar situações-problema de Concentração Comum de Soluções presentes em livros didáticos de Química do Ensino Médio*. Nossas análises indicam que essas situações pertencem ao Campo Conceitual Multiplicativo na classificação de Proporção Simples. Tais situações podem sofrer variações em subclasses, como Partição, Multiplicação um para muitos, Cota e Quarta proporcional.

Assumimos como hipótese que se faz necessário oportunizar uma variedade de situações ao estudante, no sentido de sua classificação, mas também de diversidade de contextos, representações e ideias matemáticas envolvidas. Assim, as situações-problema de Concentração Comum de Soluções possibilitam ampliação e desenvolvimento de novos esquemas pelos estudantes, associados a conceitos matemáticos.

As análises desta pesquisa mostram que, das sessenta e nove questões analisadas, trinta e três delas pertencem à Proporção Simples do tipo Partição, que se configuram como a porta de entrada para a formalização do conceito de divisão (GITIRANA *et al.*, 2014).

Os problemas da disciplina de Química, especificamente os analisados nesta investigação, podem representar um cenário de oportunidade para auxiliar, na utilização dos conteúdos da disciplina de Matemática, situações nas quais os estudantes podem manifestar conhecimentos matemáticos. Tal fato vai ao encontro da abordagem citada pelas DCE (PARANÁ, 2008) de Matemática e Química, que incentivam a articulação de disciplinas, cujos conceitos, teorias e práticas articulados enriquecem a compreensão dos estudantes.

Em um Campo Conceitual existe grande variedade de situações, e os conhecimentos dos estudantes são aprimorados pelas situações que vão vivenciando e, gradativamente, dominando. Dessa forma, são as situações que dão sentido aos conceitos, representando a entrada para um dado Campo Conceitual. Contudo, um conceito precisa de uma variedade de situações para se tornar significativo. Da mesma maneira, uma situação precisa de vários conceitos para ser analisada (VERGNAUD, 2009).

Para Vergnaud (2009b), se faz necessário incluir/discutir as três dimensões envolvidas nos processos de ensino e de aprendizagem – situações, propriedades invariantes e representações matemáticas. No caso das representações matemáticas no livro didático, podemos associá-las ao terceiro significado descrito por Vergnaud, e afirmar que existem diferentes significados para o termo representações matemáticas: língua natural, gráficos e diagramas, sentenças formais.

Em relação às formas de representações matemáticas apresentadas nos quarenta e um problemas resolvidos e propostos nos livros didáticos, trinta e dois deles apresentaram apenas enunciado em língua natural, e a maioria deles não é enriquecida com apoios visuais, como imagens, gráficos ou tabelas. Na análise realizada, um problema apresenta imagem, um apresenta gráfico, e sete deles são acompanhados de tabela. Por sua vez, em relação às formas de representações matemáticas, dezessete deles requerem a resolução de cálculos com valores em forma de números naturais, vinte e seis trazem números decimais, e mais vinte e um requerem a conversão de unidades de medida de massa e/ou volume.

Sendo assim, comprovamos a inter-relação entre a Química e a Matemática, fato que é abordado na BNCC quando sugere um trabalho conjunto entre as diversas disciplinas e áreas. Concluímos que se faz necessário o domínio de conhecimentos matemáticos para a resolução de problemas de Química e vice e versa: os problemas de Concentração Comum de Soluções possibilitam o estudo de diversos conceitos matemáticos e representações. Nessa direção, expusemos indícios de que a mobilização de conhecimentos matemáticos, como multiplicação, divisão, operações com números decimais, unidades de medida de massa e capacidade, assim como conversão de unidades de medida são essenciais para a resolução de situações-problema do Conteúdo de Concentração Comum na disciplina de Química, vislumbrando a Teoria dos Campos Conceituais como meio para a seleção das situações-problema e o processo de análise.

Além disso, defendemos a importância de o professor ter ciência das diferentes classificações de situações-problema de concentração comum de soluções, e que para as suas aulas possam considerar a variedade de situações-problema de Concentração Comum de Soluções a serem propostas aos estudantes, de modo a proporcionar o desenvolvimento de diferentes esquemas e, portanto, novas aprendizagens. Ainda, a presente pesquisa mostrou que essas situações representam oportunidades de estudos de conceitos matemáticos e de ampliação no repertório de esquemas, símbolos, representações e conceitos matemáticos a partir das resoluções dessas situações pelos estudantes.

Em vista dessas considerações, para futuras pesquisas, sugerimos que seja ponderada a importância das ideias e conceitos matemáticos para a resolução de situações-problema de química utilizando a Teoria dos Campos Conceituais como aporte teórico e metodológico. Ressaltamos que seja vislumbrada a variedade de situações de acordo com a TCC e investigado os esquemas utilizados por estudantes em situações de química, a fim de aprofundar pesquisas e análises da relação entre as disciplinas de Matemática e Química.

Destacamos, assim, no que concerne à variedade de tipos de classificação investigados nesta pesquisa, que é de extrema importância que o professor oportunize, ao estudante, a

experiência dessa diversidade, pois estará proporcionando experiências para o aluno identificar os diferentes valores dos termos que abarcam o conteúdo de Química referente à Concentração Comum de Soluções: concentração, massa e volume. Ainda, estará oportunizando situações para o estudante desenvolver estratégias que envolvem diferentes ideias e conceitos matemáticos. Além disso, situações-problema de Concentração Comum de Soluções apresentadas em conjuntura contextualizada oportunizam, aos estudantes, uma aprendizagem significativa.

Dessa forma manifestamos, ainda, a proposta de desenvolvimento de ações didáticas em sala de aula, tendo como premissa a variedade de problemas de Concentração Comum de Soluções, no sentido de classificação e diversidade de contextos, representações e ideias matemáticas envolvidas.

## REFERÊNCIAS

ARRIGO, V. G.; GIULI, C. M.; BROIETTI, F. C. D.; LORENCINI JUNIOR, A.; Interações Discursivas em aulas de Química: caracterização de um discurso reflexivo. **e-mosaicos**, 2020.

ATKINS, P.; JONES, L.; LOVERMAN, L. **Princípios da química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7 ed. São Paulo: Bookman, 2018.

BITTAR, M. Contribuições da teoria dos campos conceituais para o estudo das dificuldades dos estudantes na passagem da Geometria afim para a Geometria Vetorial. *In*: BITTAR, M.; MUNIZ, C. A. (Org). **A aprendizagem matemática na perspectiva da teoria dos campos conceituais**. Curitiba: Editora CRV, 2009.

BLANTON, M., & Kaput, J. Characterizing a classroom practice that promotes algebraic thinking. **Journal for Research in Mathematics Education**, 36(5), 412-446, 2008.

BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. **Química geral**: Livros técnicos e científicos. 2ª ed.2. Vol 2. Rio de Janeiro: S.A, 1986.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Dispositivo constitucional pertinente Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental**. Brasília, 1997.

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. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Sinopses Estatísticas do Enem**. Brasília: INEP, 2019. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/sinopses-estatisticas-do-enem>. Acesso em 30 abr. 2021.

BROWN, L. T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. BURDJE, J. R. **Química**: A ciência central. 9 ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2005.

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 Educação), Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. **Química**. 11 ed. Porto Alegre: McGraw Hill Bookman, 2013.

- CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino**. Canoas: Ed. da Ulbra, 1995.
- CHASSOT, A. I. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. **Episteme**, v. 1, n. 2, p. 129-146, 1996.
- CHASSOT, A. **Alfabetização Científica**: questões e desafios para a educação. Ijuí: UNIJUÍ, 2000.
- CISCATO, C. A. M. *et al.* **Química 2**: Ensino Médio. São Paulo: Moderna, 2016.
- COSTA, A. P.; VILAÇA, M. M.; MELO, L. V. O ensino de Grandezas e Medidas em um documento curricular oficial para o ensino básico. **Ensino em Re-Vista**, v.27, n.3, Uberlândia - MG, p. 934-955, 2020.
- COSTA, M. S.; ALLEVATO, N. S. G. Livro didático de matemática: Análise de professoras polivalentes em relação ao ensino de geometria. **Vidya**, v. 30, n. 2, p. 71-80, jul./dez., 2010.
- CRESTE, J. F.; **O esvaziamento dos conteúdos matemáticos no currículo do estado de São Paulo: consequências no ensino da química**. Dissertação de Mestrado – Docência para a Educação Básica, Mestrado Profissional, UNESP, Bauru, 2019.
- CUNHA, E.V. R.; LOPES, A. C. Base Nacional Comum Curricular no Brasil: Regularidade na Dispersão. **Revista Investigación Cualitativa**, a, v. 2(2), p. 23-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.23935/2016/02023>, 2017.
- DESLANDES, S. F.; GOMES, R.; MINAYO, M. C. de S. (organizadora) **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. 28 ed., Petrópolis: Vozes, 2009.
- DUVAL, R. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento Revemat: R. Eletr. de Edu. Matem. eISSN 1981-1322. Florianópolis, v. 07, n. 2, p.266-297, 2012
- ECHEVERÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, maio 1996.
- ECHEVERÍA, A. R. **Dimensão empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito**: soluções no ensino médio. 1993. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1993.
- ELLIS, A. B. Generalizing-promoting actions: How classroom collaborations can support students' mathematical generalizations. **Journal for Research in Mathematics Education**, 42(4), p. 308-345, 2011.
- 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.
- FENSHAM, P. J. Influência acadêmica nos currículos escolares de ciências, **Academic Journal of Curriculum Studies**, p.25, 1993.

FIOROTTO, N. R. **Físico-química**: Propriedades da matéria, composição e transformações. Editora Érica, 2014.

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – **PNLD, Programas do Livro**, Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/legislacao/item/9787-sobre-os-programas-do-livro>. Acesso em 27 jul 2020.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002

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

FONTES, F. A. M.; **Aprendizagem de Funções por meio da modelagem matemática: um estudo do comportamento de um composto químico**. 79 f. Dissertação, Departamento de Matemática da Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2014.

GANDRA, L.P., FARIA, A.G.V., SANTOS, G.S., Modelagem e educação profissional: Possíveis relações em uma abordagem pedagógica para soluções químicas no Ensino Médio Integrado ao Técnico em Informática, **Revista Brasileira da Educação Profissional Tecnológica** – RBEPT, N. 6, Vol. 1 p. 47-60. 2013.

GITIRANA, V. *et al.* **Repensando multiplicação e divisão**: contribuições da teoria dos campos conceituais. 1ed. – São Paulo, PROEM, 2014.

GIULLI, C. M.; ARRIGO, V.; ALMEIDA, F. G.; Soluções: Interpretações de Estudantes do Ensino Médio acerca da concentração e suas unidades, **16º SIMPEQUI, Simpósio Brasileiro de Educação Química**, Rio de Janeiro, 2018.

GONZALES REY, F. **Pesquisa qualitativa em psicologia: caminhos e desafios**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

GUNSTONE, R. F.; Champagne, A. B. Promoting conceptual change in the laboratory. *In* E. Hegarty-Hazel (Ed.), **The student laboratory and the science curriculum**. London: Routledge, pp. 159–182, 1990.

HAIDAR, M. de L. M., O ensino secundário no império brasileiro. São Paulo: Edusp. Grijalbo, 1972.

IEZZI, G., DOLCE, O., DEGENSZAJN, D., PÉRIGO, R., ALMEIDA, N. **Matemática**: ciência e aplicações: ensino médio, volume 3. – 9. ed. –São Paulo: Saraiva, 2016.

LABORIT, H. **Deus não joga dados**. São Paulo: Trajetória Cultural, 1988.

LIMA, J. O. G. Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. **Revista Espaço Acadêmico**, vol. 12, nº 140, janeiro de 2013.

LINCOLN, Y. ; GUBA, E. Naturalistic inquiry. New York, Sage, 416 p London: Sage Publications, 1991.

- LISBOA, J. C. F. **Ser protagonista**: Química, 2º ano do ensino médio. 3º ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
- LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. Coleção Educação em Química. Ed. Unijuí, Ijuí, 2007.
- LUZ, B. W. da S.; SABIÃO, R. M. A evolução no ensino da matemática e a importância de se conhecer sua história. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 08, Vol. 01, pp. 127-139. Agosto de 2019. ISSN: 2448-0959, Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/ensino-da-matematica>. Acesso em 23 mar 2019.
- MAGINA, S., CAMPOS, T., NUNES, T. E GITIRANA, V. **Repensando a Adição e a Subtração: contribuições da Teoria dos Campos Conceituais**. São Paulo, 2000. PROEM-PUC/SP.
- MAGINA, S.; MERLINI, V.; SANTOS, A. O raciocínio de estudantes do Ensino Fundamental na resolução de situações das estruturas multiplicativas. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 2, p. 517-533, 2014.
- MARCONDES, M. I., Disciplina e Integração Curricular: história e políticas, **Educ. Soc.**, Campinas, vol. 23, n. 81, p. 293-298, dez. 2002.
- MARTINS, W. **A história da inteligência brasileira**. Ponta Grossa: UEPG, 2010.
- MARTINS, S. T. **O Ensino de Ciências/Química no contexto da Base Nacional Comum Curricular e da Reforma do Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- MEC - Ministério da Educação. PNLD – **Plano Nacional do Livro Didático**. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>. Acesso em 29 jul. 2020.
- MERLINI, V.; SANTOS, A.; MAGINA, S. **Processo de formação de docentes com dimensões colaborativas: avanços e limites**. In: XIV CIAEM-IACME, Chiapas, México, 2015.
- MESTRE, C.; OLIVEIRA, H. **A construção coletiva da generalização num contexto de ensino exploratório com alunos do 4.º ano**. In: PONTE, J. P. DA. (Org.) *Práticas Profissionais dos Professores de Matemática*. – Lisboa: Edição Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2014, v. 1, p. 283-309.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MIORIM, M.A. **O ensino de matemática: evolução e Modernização**. Campinas, 1995. 218.f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdades de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- MOL, R. S. **Introdução à história da matemática**. Belo Horizonte: CAED-UFGM, 2013.

- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: Ensino médio**. 3 ed. São Paulo, Scipione, 2016.
- 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.
- NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. **Vivá química: Ensino médio**. Vol 2. Curitiba: Positivo, 2016.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. DCEs - **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Matemática**. Curitiba, 2008.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. DCEs - **Diretrizes Curriculares da Educação Básica Química**. Curitiba, 2008.
- PARANÁ, Instrução Normativa Conjunta nº 011/2020 - DEDUC/DPGE/SEED
- PORTO, E. A. B.; KRUGER, V. **Breve histórico do ensino de química no Brasil**. 33º EDEQ, 2013.
- RAMOS, T. C., A importância da Matemática na vida cotidiana dos estudantes do Ensino Fundamental II, **Cairu em Revista**. Jan/fev 2017, Ano 06, nº 09, p. 201-218, ISSN 22377719.
- RIBAS, J. F.; BROIETTI, F. C. D.; LEAL, L. P. V.; PASSOS, M. M. **Soluções saturada, insaturada e supersaturada e suas representações por licenciandos em Química**. ACTIO – Docência em Ciências, v. 2, n. 2, p. 61-79, 2017.
- RIZZATTI, I.M., ZANETTE, D.R., MELLO, L.C., Determinação potenciométrica da concentração micelar crítica de surfactantes: uma nova aplicação metodológica no ensino de Química, **Química Nova**. Vol.32 n.2, 2009.
- ROQUE, T. **História da matemática: uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.
- RUSSEL, J.B. **Química Geral**. Vol.1. São Paulo: Makron Books, 2000.
- SÁ-SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos, GUINDANI, Joel Felipe. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas**. Rev. Bras. de História & Ciências Sociais. n. I, p. 1-15, jul., 2009.
- SANTANA, J. E. O. de. **Matemática aplicada à química**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Departamento de Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SANTOS, W.L.P. SCHNETZLER, R.P. Função social: o que significa ensino de química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**, n.4, nov. 1996.

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

SANTOS, D. N. **Relação entre a Matemática e outras áreas do conhecimento: Análise de uma coleção de livros didáticos do Ensino Médio**, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, julho de 2018.

SCHEFFER, E. W. O. **Química**: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica. 1997. 157f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

SHING, L. R.; FERRETI, J.; SBARDELLA, R.; MACHADO, T. M.; BROIETTI, F. C. D.; LIMA, F. A. F. de; LEITE, R. F.; MARTORANO, S. A. A. Compreensões dos estudantes do curso de Química Licenciatura sobre o conceito de Soluções. In: **III Congresso Paranaense de Educação de Química**, Ponta Grossa, 2013, p. 1-7.

SCOTT, F. J. A matemática é responsável? Uma investigação sobre a dificuldades dos estudantes do ensino médio em realizar cálculos em Química. **Educação Química: Pesquisa e prática**. Julho – 2012.

TOZONI-REIS, M. F. C. **A pesquisa e a produção de conhecimentos: introdução à pesquisa em educação**. Botucatu: Curso de pedagogia da Unesp, 2010.

VALENTE, W. R. **Uma história da matemática escolar no Brasil, 1730-1930**. São Paulo: Editora Annablume/FAPESP, 2a. ed. 2007.

VASCONCELOS, S. **Química aplicada**. 3. ed. São Paulo (SP): Plêiade Livraria virtual, 2019.

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

VERGNAUD, G. **Conceitos e esquemas numa teoria operatória da representação**. Trad. de Franchi, A., Carvalho, D. L. *Psychologie Française*, n 30-3/4, p.245-52, nov.1985.

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

VERGNAUD, G. El niño, las matemáticas y la realidad: problemas de la enseñanza de las matemáticas en la escuela primaria. 1ed. México: Trillas, 1991.

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 Fundão, 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 GEMPA**, 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. **A comprehensive theory of representation for mathematics education**. Journal of Mathematical Behavior, 167-181, 1998.

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.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Quantitativa**. 5 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2002.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ZANELLA, M. S. **Tarefas de Modelagem Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental**: um estudo com estudantes alemães e brasileiros, Tese de Doutorado, UEM, Maringá, 2016.