

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
Pró-Reitoria de Pesquisa de Pós-Graduação – PRPPG
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e Matemática – PPGEC

ANTÔNIO INÁCIO DINIZ JÚNIOR

**UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA REAÇÕES
QUÍMICAS**

RECIFE

2022

ANTÔNIO INÁCIO DINIZ JÚNIOR

**UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA REAÇÕES
QUÍMICAS**

Tese apresentada à coordenação do Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Ensino das Ciências.

Orientadora:

Prof.^a Dr.^a Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Coorientador:

Prof. Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva

RECIFE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

I35p

Inácio Diniz Júnior, Antônio

UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA REAÇÕES QUÍMICAS / Antônio Inácio Diniz Júnior. -
2022.

373 f. : il.

Orientador: Edenia Maria Ribeiro do Amaral.

Coorientador: Joao Roberto Ratis Tenorio da Silva.

Inclui referências e apêndice(s).

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, 2022.

1. Perfis conceituais. 2. Reações químicas. 3. Contextos. I. Amaral, Edenia Maria Ribeiro do, orient. II. Silva, Joao Roberto Ratis Tenorio da, coorient. III. Título

CDD 507

ANTÔNIO INÁCIO DINIZ JÚNIOR

UMA PROPOSTA DE PERFIL CONCEITUAL PARA REAÇÕES QUÍMICAS

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Ensino das Ciências.

Aprovada em: 31/01/2022.

BANCA EXAMINADORA

Dr.^a Edenia Maria Ribeiro do Amaral (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr. João Roberto Ratis Tenório da Silva (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Dr.^a Ruth do Nascimento Firme
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr. Melquisedeque da Silva Freire
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Dr.^a Flávia Cristiane Vieira da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr. Bruno Ferreira dos Santos
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB

Dedico este trabalho a toda minha família, meu amor primeiro. Sem eles, nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, nosso Criador, por Sua infinita bondade e misericórdia, que está sempre presente, e nos momentos mais turbulentos nos coloca debaixo de Suas asas, e o Seu acalanto traz calma, força, fé e coragem para seguir. É em Suas mãos que tudo começa e tudo termina.

A minha família, meu alicerce, sem o amor e contínuo apoio deles, jamais teria motivos para seguir em frente, meus pais, Maria Nézia e Antônio Inácio, minhas irmãs Maria Josilaine e Andresa Mayrane, minhas sobrinhas, Ayla Mayane e Maria Eloise e meus sobrinhos Antônio Miguel e Caio Rafael. Vocês são meu maior tesouro.

Aos meus avós maternos, Auzenira do Nascimento e Nemesio Pereira (*in memoriam*); e avós paternos, Socorro Diniz (*in memoriam*) e Manoel Inácio (*in memoriam*), pelo eterno carinho.

A minha querida orientadora, Profa. Edenia Amaral, pela orientação, compreensão e saberes compartilhados. Gratidão, por me mostrar que com amor e respeito pela Ciência, e com empatia pelas pessoas, podemos tornar a academia e a sociedade espaços cada vez melhores. A senhora é um exemplo para mim, e agradeço imensamente pelo carinho e amizade, por me orientar que com simplicidade podemos conquistar e superar tudo.

Ao meu coorientador, Prof. João Tenório, pela continua colaboração. Te agradeço muito por me apresentar a Teoria dos Perfis Conceituais, ainda na graduação, quando mesmo era noção de perfil conceitual, e sempre me incentivar e estar continuamente ao meu lado. Sou muito grato pela amizade, pelos sábios conselhos e torcida de sempre.

OBRIGADO meus queridos orientadores, tenho muito orgulho de vocês.

A banca examinadora: Dr.^a Ruth do Nascimento Firme, Dr.^a Flávia Cristiane Vieira da Silva, Dr. Melquesedeque da Silva Freire e Dr. Bruno Ferreira dos Santos, pela apreciação do texto de tese, recomendações de leituras, discussões e contribuições.

Ao PPGEC pelo espaço formativo, e aos professores pelos ensinamentos indispensáveis na minha formação.

A minha turma do doutorado, Maria Eduarda, Jaqueline, Wilka Karla, José Renan, Glória, Amanda, Verônica, Mônica, Tony e Edna, pelas preciosas discussões em aula e amizade.

A Professora Maêstra Oliveira e ao Colégio Souza Leão, pelo apoio em uma das fases da pesquisa.

Aos companheiros e amigos do NUPEDICC, em especial, Bruninha, Amanda Mendes, Wilka, Ana, Artur, Gabriel, Jorge, Danúbia, May e Eliemerson.

As minhas queridas amigas, Duda e Jaque, pelo contínuo apoio, compartilhamento de angústias e felicidades, por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu amigo, Prof. Euzébio Simões, por sempre me incentivar e apoiar, uma pessoa que tenho muito respeito e admiração.

Aos amigos de conversas, alegrias e angústias, Josimar, Bruno, Thiago, Flávia, Itamar, Lucas, Nilvan e Victória, pessoas que sei que posso contar a qualquer hora e momento.

Aos amigos, Tercia, Romário, Claudoei, Enódio, Hemerson, Carina, Gustavo, Kaline, Aldinha, e Poly (*in memoriam*) pelo apoio e força de sempre.

Aos amigos do CliQ Univasf, Fernando, Givanildo, Everton, Siqueira e Vanessa. E a UNIVASF por conceder meu afastamento para finalizar as disciplinas, ainda enquanto docente da instituição. E também à UFRPE, hoje minha nova casa.

Aos meus/minhas orientand@s e pibidian@s, por me deixarem fazer parte da formação de vocês, e me mostrarem a cada dia que esse espaço de formação de professores foi umas das escolhas mais acertadas de minha vida.

Ao presidente Lula pela interiorização das universidades, e a presidenta Dilma, por ampliar os programas de pós-graduação e as bolsas, e ao ministro Haddad por trabalhar arduamente a frente do Ministério da Educação, em ambas gestões dos presidentes citados, e instituir políticas públicas que concederam muitas oportunidades a mim, e a tantos outros mundo afora que tiveram acesso à educação pública, inclusiva e de qualidade.

Enfim, agradeço aos familiares e amigos, que contribuíram e torceram para que esse sonho se tornasse possível.

Porque Dele e por Ele, e para Ele são todas as coisas;

Glória, pois, a Ele eternamente. Amém.

(Romanos, 11:36)

RESUMO

A presente tese teve como objetivo principal propor um perfil conceitual para o conceito de reações químicas. Nos guiamos na teoria dos perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014, MORTIMER et al., 2014), que possibilita entendermos a heterogeneidade do pensamento e da linguagem, o que implica em reconhecer a coexistência de dois ou mais significados para um mesmo conceito, muitas vezes expressados por um mesmo indivíduo quando associados a diferentes contextos. A proposição de um perfil conceitual leva em conta a proposta de uma gênese para o conceito estudado pautada no desenvolvimento das ideias ao longo do tempo histórico, nas experiências dos indivíduos, e considerando sentidos e significados atribuídos ao conceito por meio das linguagens científica e do senso comum, que se entrelaçam nas interações discursivas estabelecidas em contextos instrucionais. Para a operacionalização da presente pesquisa, realizamos um estudo qualitativo e nos embasamos no modelo de proposição de perfis conceituais (MORTIMER et al., 2014), que considera os domínios genéticos sociocultural, ontogenético e microgenético para a seleção de fontes de dados representativos de distintos modos de pensar e formas de falar o conceito a ser perfilado, no caso reações químicas. Para tanto, usamos fontes secundárias da História da Ciências e da Filosofia da Química com foco no conceito de reações químicas, pesquisas sobre concepções informais de estudantes sobre esse conceito e dados levantados a partir de questionários com estudantes do Ensino Superior e Médio, bem como a partir de dados levantados por meio da aplicação de uma sequência didática envolvendo a pluralidade do conceito de reações químicas aplicada a diferentes contextos. A pesquisa empírica foi realizada em duas fases, sendo a primeira em duas turmas do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Recife, tendo como sujeitos 20 estudantes do 2º ano, e 12 educandos do 3º ano, em que aplicamos um questionário de forma remota, contendo 7 perguntas subjetivas acerca do tema em tela. E na segunda fase aplicamos uma sequência didática (SD) em cinco etapas em uma disciplina de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Recife, e contamos com a participação de 21 licenciandos. Assim, por meio da SD buscamos trabalhar diferentes perspectivas acerca do conceito de reações químicas. Em relação aos nossos resultados, a partir da análise dos dados da literatura, a princípio construímos uma matriz semântica, considerando diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos relacionados ao conceito de reações químicas, e posteriormente, caracterizamos as zonas do perfil conceitual para o conceito de reações químicas, considerando os diferentes temas, categorias e compromissos verificados na primeira fase da análise. Propomos sete zonas para o perfil conceitual de reações químicas, quais sejam: transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança; reações químicas como algo vivificado; reações químicas como um processo natural ou intrínseco dos materiais; reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades; reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades; reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais; e reações químicas compreendidas como modelo explicativo. Nas respostas dos estudantes ao questionário e nos dados analisados da sequência didática, observamos a emergência das setes zonas propostas. Ressaltamos que, na sequência didática, em que o conceito de reações químicas foi trabalhado considerando a aplicação em diferentes contextos, o perfil proposto se configurou como uma eficaz ferramenta para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem de Química, podendo ser usada na abordagem mais ampla do conceito e também nas relações com outros conceitos ou temas, tais como eletroquímica, poluição ambiental, alimentação, entre outros no contexto escolar, considerando diferentes abrangências nas abordagens, e além do contexto escolar, por exemplo, em comunidades de prática, laboratórios farmacêuticos, fábricas de produtos de limpeza, indústria alimentícia, engenho de produção de rapadura ou de cachaça, nos quais os diferentes modos de pensar e formas de falar sobre reações químicas estão presentes.

Palavras-chave: Perfis conceituais; reações químicas; contextos.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to propose a conceptual profile for the concept of chemical reactions. We are guided by the theory of concept profiles (MORTIMER; EL-HANI, 2014, MORTIMER et al., 2014), which allows us to understand the heterogeneity of thought and language, which implies recognizing the coexistence of two or more meanings for the same concept, often expressed by the same individual when associated with different contexts. The proposition of a conceptual profile takes into account the proposal of a genesis for the concept studied based on the development of ideas over historical time, on the experiences of individuals, and considering senses and meanings attributed to the concept through scientific and common sense languages, which are intertwined in the discursive interactions established in instructional contexts. For the operationalization of this research, we conducted a qualitative study and based on the model of proposition of conceptual profiles (MORTIMER et al., 2014), which considers the sociocultural, ontogenetic and microgenetic domains for the selection of data sources representative of different ways of thinking and speaking the concept to be profiled, in this case chemical reactions. To this end, we used secondary sources from the History of Science and Philosophy of Chemistry with a focus on the concept of chemical reactions, research on students' informal conceptions of this concept and data gathered from questionnaires with high school and college students, as well as from data gathered through the application of a didactic sequence involving the plurality of the concept of chemical reactions applied to different contexts. The empirical research was carried out in two phases, the first in two high school classes of a private school in Recife, having as subjects 20 2nd grade students and 12 3rd grade students, in which we applied a remote questionnaire, containing 7 subjective questions about the theme in question. In the second phase, we applied a didactic sequence (DS) in five stages in a subject of an undergraduate Chemistry course at a public university in Recife, with the participation of 21 students. Thus, through the DS we sought to work different perspectives about the concept of chemical reactions. Regarding our results, based on the literature data analysis, at first we built a semantic matrix, considering different epistemological, ontological and axiological commitments related to the concept of chemical reactions, and then, we characterized the zones of the conceptual profile for the concept of chemical reactions, considering the different themes, categories and commitments verified in the first phase of the analysis. We propose seven zones for the conceptual profile of chemical reactions, namely: chemical transformations associated indiscriminately with any change; chemical reactions as something enlivened; chemical reactions as a natural or intrinsic process of materials; chemical reactions understood from sensations and affectivity; chemical reactions understood by evidence and changes in properties; chemical reactions understood from scientific and social applications; and chemical reactions understood as an explanatory model. In the students' answers to the questionnaire and in the analyzed data from the didactic sequence, we observed the emergence of the seven proposed zones. We emphasize that, in the didactic sequence, in which the concept of chemical reactions was worked considering the application in different contexts, the proposed profile was configured as an effective tool for the understanding of the teaching and learning process of chemistry, and can be used in the broader approach of the concept and also in relationships with other concepts or themes, such as electrochemistry environmental pollution, food, among others in the school context, considering different approaches, and beyond the school context, for example, in communities of practice, pharmaceutical laboratories, cleaning products factories, food industry, rapadura or cachaça production mills, in which the different ways of thinking and ways of talking about chemical reactions are present.

Keywords: Concept profiles; chemical reactions; contexts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Contextos, conceito e zonas de perfis conceituais.....	61
Figura 2: Fluxograma das etapas da pesquisa	64
Figura 3: Concepção do programa de pesquisa da teoria dos perfis conceituais: a construção de um modelo de perfil conceitual para um determinado conceito	84
Figura 4: Construção de um modelo de perfil conceitual para o conceito de reações químicas	85
Figura 5: Marcha analítica de Klaproth para moedas de bronze.....	93
Figura 6: Representações dos elementos.....	95
Figura 7: Analogia sobre três etapas das transformações dos corpos	98
Figura 8: Representação do ciclo de reações de Glauber.....	107
Figura 9: Primeira tabela de afinidades.....	113
Figura 10: Comparação das ideias de Stahl com as atuais.....	118
Figura 11: Representação da ideia de reação de reversibilidade de Boyle	122
Figura 12: Ciclo de transformações de Aristóteles	133
Figura 13: Representações de equações químicas.....	148
Figura 14: Representações de equações químicas.....	148
Figura 15: Representações de equações químicas.....	149
Figura 16: Representação da predição massa a massa	161
Figura 17: Reação de saponificação na fabricação de sabão	164
Figura 18: Reações da amônia	165
Figura 19: Reações com diferentes tipos de colisões.....	168
Figura 20: Rearranjo da isonitrila de metila a partir do perfil de energia	170
Figura 21: Reação entre Magnésio e Oxigênio a partir de um modelo de partícula.....	198
Figura 22: Diagrama de representação de um rearranjo espacial de uma reação como partícula	199
Figura 23: Reação entre Magnésio e Oxigênio a partir de um modelo atômico.....	200
Figura 24: Zonas do perfil conceitual de reações químicas	231
Figura 25: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 1.....	294
Figura 26: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 4.....	296
Figura 27: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 2.....	305
Figura 28: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 6.....	307

Figura 29: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ11 a primeira situ.	317
Figura 30: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ11 a primeira situação	326
Figura 31: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ17 a primeira situação	333
Figura 32: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ17 a segunda situação	340

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo das etapas da Sequência Didática	79
Quadro 2: Síntese dos compromissos utilizados na pesquisa	82
Quadro 3: Critérios de análise – modelos e domínios de contexto	91
Quadro 4: Síntese de concepções e categorias que foram identificadas	173
Quadro 5: Matriz Semântica para o conceito de reações químicas.....	219
Quadro 6: Modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas	251
Quadro 7: Zonas do perfil conceitual de reações químicas	258
Quadro 8: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a primeira pergunta	260
Quadro 9: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a terceira pergunta.....	262
Quadro 10: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a quinta pergunta – Afirmativa A.	264
Quadro 11: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a quinta pergunta – Afirmativa C.	266
Quadro 12: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a quinta pergunta – Item A.....	268
Quadro 13: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a sétima pergunta.....	271
Quadro 14: Síntese das respostas dos licenciandos ao questionário que investigava concepções	276
Quadro 15: Exemplos de perguntas e respostas representativas referentes ao questionário sobre o vídeo 1.....	286
Quadro 16: Exemplos de perguntas e respostas representativas referentes ao questionário sobre o vídeo 2.....	297
Quadro 17: Resolução da licencianda LQ11 a primeira situação problematizadora	310
Quadro 18: Resolução da licencianda LQ11 a segunda situação problematizadora.....	319
Quadro 19: Resolução da licencianda LQ17 a primeira situação problematizadora	329
Quadro 20: Resolução da licencianda LQ17 a segunda situação problematizadora.....	335

SUMÁRIO

Página

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 – PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS	24
1.1 A teoria dos perfis conceituais	24
CAPÍTULO 2 – BASES EPISTEMOLÓGICOS PARA A TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS	35
2.1 Considerações sobre o relativismo e a teoria dos perfis conceituais	35
2.2 Desdobramentos do racionalismo e relativismo: olhares para teoria dos perfis conceituais	36
2.3 Contribuições do pragmatismo para teoria dos perfis conceituais	39
CAPÍTULO 3 – CONTEXTUALIZAÇÃO E CONTEXTOS: CONTRIBUIÇÕES PARA A TEORIA DOS PERFIS CONCEITUAIS	42
3.1 A contextualização e sua importância para o ensino	42
3.2 Contexto e a teoria dos perfis conceituais	52
CAPÍTULO 4 – PERCURSO METODOLÓGICO	63
4.1 Levantamento de dados da pesquisa	63
4.1.1 Construção de dados a partir da literatura	64
4.1.2 Construção de dados empíricos	66
4.2 Sujeitos da pesquisa	66
4.3 Coleta de dados empíricos	67
4.3.1 Aplicação de questionário	67
4.3.2 Proposta de Sequência Didática	68
4.4 Análise de dados	80
4.4.1 Análise de dados da literatura	80
4.4.2 Construção da Matriz Semântica para o conceito de reações químicas	83
4.4.3 Análise das respostas aos questionários	88
4.4.4 Análise de dados alcançadas na aplicação da Sequência Didática	89
CAPÍTULO 5 – REAÇÕES QUÍMICAS: UM ESTUDO ACERCA DO DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO, FILOSÓFICO E DE CONCEPÇÕES INFORMAIS E EM LIVROS DIDÁTICOS	92

5.1 O desenvolvimento histórico do conceito de reações químicas	92
5.1.1 Das transformações da matéria as reações químicas: origens de um conceito.....	92
5.1.2 Transformações da matéria no período da alquimia.....	98
5.1.3 O conceito de reações químicas entre os séculos XVI e XVII.....	103
5.1.4 O conceito de reações químicas a partir do século XVIII	109
5.1.5 O conceito de reações químicas do final do século XVIII ao século XX	119
5.2 Algumas questões filosóficas sobre o conceito de reações químicas	131
5.3 O conceito de reações químicas em livros didáticos	156
5.4 Concepções informais acerca do conceito de reações químicas	177
CAPÍTULO 6 – PROPOSIÇÃO DA MATRIZ SEMÂNTICA E DAS ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE REAÇÕES QUÍMICAS.....	202
6.1 Proposição de uma Matriz Semântica para o conceito de reações químicas	202
6.1.1 Proposta de Matriz Semântica para o conceito de reações químicas	204
6.2 Proposta de zonas para o perfil conceitual de reações químicas.....	230
6.2.1 Transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança	232
6.2.2 Reações químicas como um processo natural ou intrínseco dos materiais	234
6.2.3 Reações químicas como algo vivificado	236
6.2.4 Reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades	238
6.2.5 Reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades.....	242
6.2.6 Reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais	244
6.2.7 Reações químicas como modelo explicativo.....	247
6.3 Análise de modos de pensar e formas de falar	259
6.3.1 Análise de questionários com estudantes do Ensino Médio.....	260
6.3.2 Análise da Sequência Didática com licenciandos em Química.....	275
6.3.2.1 Análise das concepções iniciais dos licenciandos sobre reações químicas	275
6.3.2.2 Análise de respostas dos licenciandos sobre vídeos relacionados a diferentes contextos	286
6.3.2.3 Análise de respostas de licenciandos a situações problematizadoras.....	309
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	345
REFERÊNCIAS	350
APÊNDICES	366

INTRODUÇÃO

Esta tese tem como principal objetivo propor um perfil conceitual para o conceito de reações químicas. Com isso, buscamos os diversos significados em estudos de fontes secundárias da História da Ciência e da Filosofia da Química, bem como em pesquisas da literatura sobre concepções informais de estudantes, e identificação de concepções sobre reações químicas no ensino de Química envolvendo estudantes do Ensino Médio e licenciandos de Química.

Para realizar este trabalho, tomamos como base a teoria dos perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014) que traz princípios para refletirmos acerca da heterogeneidade de pensamento e da linguagem que um indivíduo pode apresentar em relação a determinados conceitos, bem como sobre as relações que as pessoas estabelecem ao longo de suas vivências em sociedade, sob influência de um contexto histórico-cultural na atribuição de sentidos e significados para diferentes fenômenos e situações. Assim, a teoria dos perfis conceituais nos auxilia a modelar diferentes sentidos e significados que são atribuídos pelos sujeitos aos conceitos.

De acordo com Mortimer et al. (2014), os perfis conceituais podem ser compreendidos como modelos que estruturam diferentes modos de pensar e de falar de sujeitos sociais como forma de significar as suas experiências. Para os autores, um perfil conceitual é constituído por zonas, e essas representam distintos modos de pensar e formas de falar que se estruturam a partir de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, e se caracterizam por meio da linguagem dos sujeitos sociais e podem ser usados em múltiplos contextos.

Na ótica da teoria dos perfis conceituais, a linguagem é uma ferramenta mediadora de grande valia para os processos de ensino e aprendizagem, pois ajuda a perceber as diferentes formas como as zonas de variados perfis conceituais são mobilizadas por diferentes sujeitos (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Nesse sentido, é necessário refletirmos acerca da educação científica considerando que professores e estudantes de Química enunciam cotidianamente uma linguagem social da Ciência e da Ciência escolar (MORTIMER; SCOTT, 2002), seja por meio das interações discursivas em sala de aula ou nos mais variados espaços sociais e culturais, nos quais compartilham formas de falar e modos de pensar de diferentes conceitos para dar significados às suas experiências.

Para Mortimer e El-Hani (2014) as experiências dos indivíduos devem ser sempre consideradas, pois na ótica da teoria dos perfis conceituais quando eles aprendem novos

significados acerca de um determinado conceito, os indivíduos não abandonam suas concepções prévias substituindo-as pelas científicas, mas estabelecem uma nova concepção em que constituem a convivência entre ambas, reconhecendo, assim, que os conhecimentos do senso comum; escolar, científico, comunidade de prática e outros, são significativos à estruturação de modos de pensar e formas de falar. De acordo com Machado e Mortimer (2007), os perfis conceituais conjectura uma nova ótica para o ensino de Ciências na qual os sujeitos não necessitam rejeitar suas concepções não científicas, pois podem coexistir com as suas concepções científicas em seus discursos ao longo de suas vidas, podendo apenas se alternar em diferentes contextos a partir de um valor pragmático.

Diante disso, apreciando a importância da teoria dos perfis conceituais para o ensino de Química, podemos apontar diferentes propostas de perfis conceituais elaborados para discutir acerca da polissemia de alguns conceitos científicos, a saber: perfil conceitual de átomo e estados físicos da matéria (MORTIMER, 1995, 2000), perfil de molécula (MORTIMER; AMARAL, 2014, PEREIRA, 2020), perfil conceitual de calor (AMARAL; MORTIMER, 2001; ARAÚJO, 2013), perfil conceitual de entropia (AMARAL, 2004; AMARAL; MORTIMER, 2004), perfil conceitual de substância (SILVA, 2011; SILVA; AMARAL, 2013), perfil conceitual de energia (SIMÕES NETO, 2016), e modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base (SILVAb, 2017, SILVA; AMARAL, 2020), ligação covalente (BALTERI; BEGO; CEBIM, 2021), equilíbrio químico (COSTA; SANTOS, 2021), e outros.

Bem como, acerca da ampliação do espectro de aplicação da teoria, a partir da incorporação dos perfis conceituais como estratégia para o ensino e aprendizagem na sala de aula, a saber: Viggiano e Mattos (2007), Diniz Júnior (2014, 2016), Sabino (2015), Diniz Júnior, Silva e Amaral (2015), Silva (2017), Lima (2018), Sabino e Amaral (2018), Leite (2018), Guimarães, Silva e Simões Neto (2019), Diniz Júnior e Amaral (2019), Correia (2019), Silva, Simões Neto e Silva (2019), Souza (2020), Barboza (2021), Lima, Silva e Diniz Júnior (2021), Silva, Lima, Diniz Júnior (2021), e outros.

A teoria dos perfis conceituais, Mortimer e El-Hani (2014), estruturam o processo de proposição de perfis a partir de três ontoconceitos: vida, matéria e energia, compreendendo que estes estão entrelaçados a aplicações em diferentes contextos, e por esse motivo podem apresentar uma pluralidade de sentidos e significados. Além disso, para os autores, para propor um perfil é necessário que o conceito no qual será perfilado seja polissêmico e também compreendido como central e utilizado na linguagem cotidiana e científica, para que assim seja passível de ser modelado a partir da heterogeneidade do pensamento e da linguagem.

Neste estudo, escolhemos fazer nossa investigação sobre o conceito de reações químicas porque o entendemos que ele tem grande importância na aprendizagem de Química, e também se alinha aos ontoconceitos defendidos por Mortimer e El-Hani (2014), por ser um conceito que está implicado com as transformações da matéria, processos biológicos que envolvem a vida, ambos com implicações energéticas, fazendo parte dos diferentes contextos. Segundo Rosa e Schnetzler (1998), Boo (1998), Tsaparlis (2003), Raviolo, Garritz e Sosa (2011) e Bernardelli (2014), o conceito de reações químicas transpassa a ideia única do conhecimento químico na vida estudantil e acadêmica e o coloca aliado à formação da cidadania, uma vez que transformações químicas como a ferrugem, a formação de um fungo em determinado alimento, a combustão de variados materiais etc., se configuram como conhecimentos necessários para a vida das pessoas.

Além do mais, o conceito de reações químicas é polissêmico, uma vez que a ele são atribuídos diferentes sentidos e significados no discurso dos indivíduos, que são aplicados em contextos diversos, inclusive o científico e científico escolar. Assim, a partir dessa polissemia podemos identificar visões generalistas e ingênuas do conceito (SILVA, 2008, SOLSONA; IZQUIERDO; JONG, 2001), ou ainda empíricas, a partir da vivência de práticas experimentais (WEINRICH; TALANQUER, 2015), bem como processuais, considerando o papel dos reagentes na geração de produtos, que ocorre sob influência de diferentes fatores termodinâmicos (VAN BRAKEL, 1997, SHUMMER, 2004, SILVA, 2008, SOLSONA; IZQUIERDO; JONG, 2001),

Sousa (2019) ratifica essa polissemia, por exemplo, quando explicita que na produção de rapaduras de cana de açúcar, tanto professores do Ensino Médio, quanto trabalhadores e técnicos de engenhos explicam o processo de produção da rapadura considerando o conceito de reações químicas, entendendo que desde a separação do caldo da cana do bagaço, até a chegada ao produto final ocorrem diferentes reações. Assim, segundo o autor, diferentes sujeitos explicam que, para produzir a rapadura, é necessário adicionar ácido cítrico ou leite de cal (hidróxido de cálcio) ao caldo de cana, para fazer a correção de pH, e favorecer a conversão dos açúcares para obter o ponto da rapadura de forma que ela possa ser moldada. Dessa forma, a ocorrência de reações químicas ao longo de todo o processo é importante, principalmente pela ação dos reguladores de pH, para o aquecimento do caldo e formação do mel e posteriormente a produção da rapadura.

Caamaño e Marchán (2021), Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), salientam que o conceito de reações químicas faz parte de nossa linguagem, e ganha significados a partir das

experiências dos diferentes sujeitos que utilizam desse conceito como forma de modelar o conhecimento químico, por meio de símbolos, fórmulas e classificações.

De acordo com Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), no nosso dia a dia consumimos diferentes produtos elaborados por distintas reações químicas, como ácido acetilsalicílico, medicamento utilizado em todo mundo para dor e reduzir febre. A lactose, que um carboidrato encontrado no leite, alimento usado mundialmente; a cafeína, compõe a composição de muitos medicamentos; e também a glucose extraída da cana de açúcar e de outras frutas ou legumes, que pode ser utilizada na conservação de alimentos. Bem como o estearato de sódio, e outros produtos que podem ser utilizados como detergentes para a limpeza de diferentes objetos que usamos diariamente.

Assim, a partir do momento que temos esse contato e conhecimento de fenômenos e processos, podem ser elaboradas diferentes explicações acerca do conceito de reações químicas, que fazem sentido ou ganham significado para nós, seja no dia a dia ou no contexto científico. Dessa maneira, percebemos que o conceito em tela é de grande relevância social e científica, e apresenta polissemia e tais fatos ratificam a necessidade da estruturação de diferentes modos de pensar e formas de falar do conceito de reações químicas como forma de contribuir para uma compreensão ampla desse conceito e de suas aplicações em processos de ensino e aprendizagem.

Ahtee, Varjola (1998), Yan e Talanquer (2015), Weinrich e Talanquer (2016), Caamaño e Marchán (2021) também argumentam que é preciso ajudar os estudantes a entenderem o conceito de reações químicas e suas importantes implicações para o processo de ensino e aprendizagem de Química, fazendo com que compreendam de forma significativa a partir de sua integração com outros conceitos – desde a ligação química, à cinética e a termodinâmica, bem como a variados fenômenos naturais, processos químicos, industriais, biológicos, entre outros –, para que assim não ancorem suas concepções apenas em explicações mecanicistas, i. e., a partir da representação de uma equação química.

Sendo assim, avaliando as características do conceito de reações químicas, percebemos que este é interessante de ser perfilado, uma vez que apresenta diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que são assumidos no discurso de diferentes indivíduos, assim como em fontes históricas secundárias e trabalhos de levantamento de concepções informais de estudantes sobre reações químicas (VOS; VERDONK, 1987; ANDERSSON, 1990; HESSE; ANDERSON, 1992; LOPES, 1995; ROSA; SCHNETZLER, 1995; MORTIMER; MIRANDA, 1995; AHTEE; VARJOLA, 1998; BOO; WATSON, 2001; KERMEN; MÉHEUT, 2008; MACHADO JR. ET AL., 2005; SILVA, 2008; BERNARDELLI,

2014; WEINRICH; TALANQUER, 2015; CARINE, 2015, DINIZ JÚNIOR; AMARAL, 2019a, 2019b, CAAMAÑO; MARCHÁN, 2021, IZQUIERDO; MERINO; MARZÁBAL, 2021). Caamaño e Marchán (2021), também confirmam que o conceito em discussão é bastante significativo e abrangente, pois ajuda a compreender a atividade de substâncias químicas e seus mais variados fenômenos, também uma vastidão de transformações químicas da matéria. Dessa forma, ganha sentidos no discurso dos sujeitos sociais, e são representados e expressados em variadas formas, possuindo significados em diferentes contextos, inclusive na sala de aula.

Por meio dos perfis conceituais, podemos fazer relações sobre as diversas formas que os sujeitos pensam em variados contextos e suas inter-relações com os conhecimentos científicos. Por conseguinte, permite também a percepção dos múltiplos significados que um dado conceito possa adquirir. Conforme Mortimer et al. (2014), quando um indivíduo toma consciência das diversas zonas de um perfil conceitual poderá ver e construir de forma mais ampla o mundo, crescer discursivamente, e perceber a dinâmica de compreensão do conceito a partir de uma aprendizagem mais holística e complexa.

Silva (2011, p. 16) afirma que:

[...] no processo de ensino-aprendizagem, a construção de novos significados pode ser vista como uma incorporação de novas formas de pensar a um perfil conceitual do aluno que já existia. Tendo a consciência de que determinadas concepções não podem ser usadas em alguns contextos (por se apresentarem limitadas) o aluno pode fazer o uso consciente de uma forma de pensar não-científica em seu dia a dia, sabendo que, dentro de um contexto científico, aquela concepção é insuficiente. Além disso, ele terá consciência de que determinadas situações cotidianas podem ser explicadas de forma diferente pela ciência.

Entendemos que é no processo de ensino e aprendizagem que os conhecimentos dos estudantes são construídos, e é possível também observar que nos diferentes momentos da sala, em muitos casos, o docente busca contextualizar diferentes conceitos científicos na tentativa de aproximar o conhecimento científico do conhecimento do dia a dia dos estudantes.

Segundo Santos e Mortimer (1999) e Wartha, Silva e Bejarano (2013) contextualizar é uma forma de construir significados na aprendizagem dos estudantes, dando sentidos aos conhecimentos científicos e fazendo relações com o cotidiano, assim como faz com que os estudantes incorporem valores para a cidadania. Nesse sentido, torna-se necessário, além de propor o perfil conceitual para o conceito de reações químicas, analisar os diferentes contextos aos quais os modos de pensar e formas de falar podem ser aplicados.

Assim sendo, as diferentes formas de mobilizar o conceito de reações químicas não devem ficar restritas a ideias ancoradas exclusivamente na formação científica, atrelada somente a concepções do contexto acadêmico e escolar, mas que sejam percebidas no dia a dia

das pessoas, nos seus variados momentos de vivência em sociedade, agregando sentidos e significados para o conceito em questão. Para que os conhecimentos dos estudantes e professores não se limitem a definições superficialmente reproduzidas em sala de aula, laboratórios, e em representações no quadro branco e em equações químicas ilustradas nos livros, e dessa forma percebam que nos diferentes contextos que vivem ocorrem múltiplas reações químicas que estão interligadas questões sociais e ambientais.

Nesse sentido, acreditamos que uma proposta de perfil para reações químicas, considerando o uso de diferentes contextos em sala de aula, pode contribuir significativamente para estudantes e professores, pois estes terão subsídios para tratar os diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações nas interações discursivas em sala de aula, bem como poderão construir valores para que o conceito seja internalizado e possa ser percebido também fora do contexto acadêmico e escolar.

Nos estudos de proposição de perfis conceituais, de acordo com Mortimer e El-Hani (2014), precisamos construir uma gênese para o conceito em que se pretende propor um perfil conceitual, considerando desde concepções históricas até aquelas que circulam na atualidade para que se possa construir o processo de significação do conceito. Para isso, a teoria em questão reconhece a importância de considerar os domínios genéticos de Vigotski (WERTSCH, 1988) como forma de compreender a hierarquia genética no contexto da heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar. Outrossim, os domínios genéticos nos permitem conjecturar acerca dos processos psicológicos, entendendo que estes se constituem a partir de processos sociais e dos signos que atuam como mediadores desse processo.

Para Mortimer et al. (2014a), esse tipo de organização contribui para a compreensão da evolução conceitual que pode ser percebida na sala de aula, por exemplo. E tal fato corrobora para que os modos de pensar não sejam entendidos como passíveis de substituição por conta de diferentes níveis de complexidade ou de ter maior aplicação no contexto científico, mas que se compreenda que estes podem ser atribuídos a contextos diversos sem que exista uma sobreposição entre os mais variados modos de pensar.

Além disso, na teoria dos perfis conceituais também são estimadas os pressupostos da perspectiva sociocultural, na qual a instrução em Ciências é percebida como a aprendizagem da linguagem social da Ciência escolar (MORTIMER; SCOTT, 2002) concatenada a outros pressupostos teóricos, tais como: o construtivismo contextual (COBERN, 1996), o método genético ou de desenvolvimento para a constituição do pensamento conceitual (VIGOSTKI, 1978, 1981, 1987) e as perspectivas da linguagem como vivência e a teoria de enunciação (BAKHTIN, 1986) como caminhos para pensar o processo de formação de conceitos e suas

implicações a diferentes contextos. Com isso, é constituído um modelo teórico para análise de modos de pensar, formas de falar em situações de ensino e aprendizagem de Ciências (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Dessa forma, considerando a teoria dos perfis conceituais, reconhecemos as diferentes ideias que são relacionadas ao conceito de reações químicas, e considerando um estudo aprofundado de revisão de fontes históricas da Ciência e variados trabalhos disponíveis na literatura e organização de concepções informais relacionadas ao conceito, podemos propor um perfil para o conceito de reações químicas.

Vale destacar que Solsona, Izquierdo e Jong (2001), ao investigar as ideias de estudantes do ensino secundário de Barcelona, identificaram diferentes concepções relacionadas ao conceito de transformações químicas, todavia, algumas questões metodológicas da teoria dos perfis conceituais para proposição de um perfil não foram utilizadas, como por exemplo, as distintas concepções filosóficas e históricas relacionadas ao conceito de transformações químicas, bem como a estruturação de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, que trazem legítimas contribuições para a nossa proposta de pesquisa. Machado Júnior et al. (2005) também trouxeram subsídios para o tema reações químicas, nos quais em um estudo realizado organizaram, a partir da aplicação de questionários, concepções de estudantes da educação básica e estruturaram em possíveis modos de pensar, mas, apesar de o estudo ser significativo, este se deteve a apenas organizar as ideias dos educandos do Ensino Médio, e não sistematizou a partir de diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, conforme defendido pela teoria dos perfis conceituais, semelhantemente ao trabalho anteriormente citado.

Outro trabalho que também nos guiou foi uma proposta de metodologia de ensino para o conceito de reações químicas baseada na teoria dos perfis conceituais (SILVA; AMARAL, 2006, SILVA, 2008). Nessa pesquisa foi apresentada uma série de atividades experimentais que foram propostas a partir das concepções alternativas de estudantes, identificadas pelos levantamentos de concepções na literatura. Estas atividades tinham como objetivo promover uma discussão/diálogo entre as várias formas de entendimento do conceito, buscando que os estudantes tomassem conhecimento acerca de suas distintas concepções.

Então, diante do exposto, destacamos a importância da proposição de um perfil conceitual para reações químicas, considerando a sua aplicação em contextos diversos, com a expectativa de que ele possa contribuir na construção de significados por professores e estudantes, dentro e fora do âmbito acadêmico e escolar. Assim, propomos o seguinte problema

de pesquisa: **Como distintos modos de pensar as reações químicas que emergem em diferentes contextos podem ser organizados em termos de um perfil conceitual?**

Então, a partir dessa problemática apontada, o presente estudo tem os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

- Propor um perfil conceitual para o conceito de reações químicas.

Objetivos Específicos

- Analisar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos implicados em concepções sobre reações químicas encontradas em fontes secundárias da história da Ciência, estudos filosóficos e na literatura sobre as concepções informais de estudantes e situações de ensino e aprendizagem.
- Propor uma matriz semântica a partir de temas, categorias e compromissos que subjazem concepções sobre reações químicas.
- Propor zonas para o perfil conceitual de reações químicas.
- Validar as zonas propostas a partir da análise da emergência de modos de pensar sobre reações químicas expressados por estudantes do Ensino Médio licenciandos de química quando estudando o conceito a partir de diferentes contextos.
- Analisar possíveis aproximações entre a emergência de distintas zonas, conceito de reações químicas e os diferentes contextos.

Para a concretização desta pesquisa, traçamos um percurso metodológico utilizando como suporte estudos que vêm sendo discutidos na literatura e que contribuem para a consolidação da teoria dos perfis conceituais como um programa de pesquisa. Para a operacionalização da presente pesquisa, realizamos um estudo qualitativo para obter dados a partir de uma investigação detalhada em fontes secundárias da História da Ciência, da Filosofia da Química acerca do conceito de reações químicas, da análise de pesquisas relacionadas a concepções informais do conceito supracitado e de dados alcançados a partir de questionários com estudantes do Ensino Médio e licenciandos em Química, bem como a partir de dados levantados por meio da aplicação de uma Sequência Didática envolvendo a pluralidade do conceito de reações químicas.

Esta tese está estruturada da seguinte maneira: No primeiro capítulo, discutimos a respeito dos pressupostos teóricos da teoria dos perfis conceituais apontando as principais

contribuições que fundamentam como uma teoria de aprendizagem atrelada ao processo de conceitual dentro e fora da sala, mas tecendo principalmente olhares para o ensino de Química.

No segundo capítulo, apresentamos algumas contribuições epistemológicas para a teoria dos perfis conceituais, trazendo discussões sobre o relativismo e a teoria e também acerca dos desdobramentos do racionalismo e do relativismo, assim como das contribuições do pragmatismo.

No terceiro capítulo, tecemos considerações a respeito da contextualização e contextos, apontando alguns aportes para a teoria dos perfis conceituais. Além disso, discutimos sobre a contextualização e sua importância no processo de ensino, apontando ideias de documentos oficiais e de diferentes estudos que ratificam a contextualização como uma forma de contribuir na construção de significados em sala de aula. Também apresentamos algumas definições acerca do contexto e sua estreita relação com a teoria dos perfis conceituais.

No quinto capítulo, discutimos o conceito de reações químicas tecendo considerações acerca da origem do seu desenvolvimento histórico, discorrendo sobre as transformações da matéria às reações químicas, transformações da matéria no período de alquimia, o conceito de transformações químicas e reações químicas entre os séculos XVI até meados do século XX.

Também, aprofundamos sobre o conceito de reações químicas na visão filosófica a partir de diferentes estudos, e além disso, na em uma ótica contemporânea, discorrendo sobre a visão didática de livros do Ensino Superior, de pesquisas que envolvem o conceito a partir de diferentes perspectivas. E ao final, apresentamos concepções informais acerca do conceito de reações químicas, discutindo os diferentes estudos que apontam acerca da polissemia do conceito em estudo.

Por fim, no sexto capítulo, discorreremos acerca da construção da matriz semântica e a proposição de zonas do perfil conceitual de reações químicas, expondo a estruturação da matriz semântica, a proposição das zonas para o conceito de reações químicas e análise de dados empíricos como processo de validação das zonas que ratificam o perfil conceitual de reações químicas por meio de dados obtidos por questionários, aplicação de uma sequência didáticas e da discussão de aproximações entre zonas, conceito de reações químicas e os diferentes contextos.

CAPÍTULO 1

Pressupostos teóricos da teoria dos perfis conceituais

Neste capítulo apresentamos os pressupostos teóricos da teoria dos perfis conceituais. E destacamos a importância desta na compreensão da heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar para significar nossas experiências, sua contribuição acerca do processo de construção de significados e seu papel no aprimoramento da linguagem como construção humana.

1.1 A Teoria dos perfis conceituais

As primeiras discussões apontando a ideia de um perfil conceitual foram evidenciadas por Mortimer (1992), que explicava a emergência de um perfil epistemológico como uma forma de observar as diferentes visões que um conceito apresenta. Nesse trabalho, o autor buscou olhar para os diversos significados dentro de um conhecimento de Química, apontando para a existência de uma linha evolutiva de cada conceito em relação ao desenvolvimento histórico da Ciência e as concepções cognitivas de estudantes acerca de cada conceito.

Mortimer (1992) explica que a evolução de um conceito no contexto da Química apresenta diferentes componentes como ideias do senso comum, ideias empíricas e conhecimentos da Química clássica e moderna. Desta forma, cada conceito tem a possibilidade de ter um sentido para cada componente, destacando que estes componentes estão ancorados em uma intrínseca ordem de complexidade do conceito.

No trabalho de Mortimer (1995) que principiou a ideia principal no que presentemente tratamos como teoria dos perfis conceituais, o autor passou a versar sobre o que chamou de perfil epistemológico de noção de perfil conceitual, assim, apesar deste trabalho ser baseado nos estudos de Bachelard, segundo o autor sua intenção foi construir um modelo que descrevesse a evolução das ideias levando em consideração o contexto escolar e os demais contextos sociais que um mesmo indivíduo participa, a fim de conseguir observar os diferentes significados que um mesmo conceito pode apresentar, alternando-se apenas do contexto de aplicação. De fato, as ideias de Bachelard (1940) contribuíram na estruturação da teoria em discussão, mas atualmente vem apenas auxiliando na identificação de alguns compromissos que podem respaldados a partir da perspectiva epistemológica bachelardiana.

Os perfis conceituais são modelos de modos de ver e conceituar o mundo, empregado pelos indivíduos para significar suas experiências (MORTIMER; EL-HANI, 2014, MORTIMER et al., 2014). Nesse sentido, quando pensamos em significar nossas experiências, podemos pensar na complexidade de aprender e ensinar conceitos científicos, e logo percebemos que cotidianamente nós encaramos uma diversidade de palavras da Ciência e, muitas vezes, as utilizamos sem realmente compreender seus reais significados, e em alguns casos tratamos as palavras e conceitos como com sentidos fluídos, que variam de situação ou contexto.

Dessa forma, a apropriação de significados da linguagem científica é imprescindível para entendermos os diferentes desdobramentos de teorias e modelos científicos para que possamos estabelecer sentidos aos distintos conhecimentos que são discutidos exaustivamente no contexto escolar, e que também trazem múltiplas implicações para o cotidiano.

Segundo Mortimer et al. (2014) as salas de aula são espaços socialmente complexos, e nelas o docente promove interações com vários estudantes em busca de auxiliá-los no desenvolvimento particular de cada indivíduo, mas também promove a educação científica destes. Assim, o professor tem um papel importante na mediação das discussões em sala de aula, buscando sempre possibilitar que os estudantes compreendam os mais variados conceitos científicos.

E esse processo de compreensão estabelecemos o entendimento da coexistência de diferentes modos de pensar e falar como resultado do aprendizado da Ciência. Por isso, a teoria dos perfis conceituais busca contribuir na aprendizagem científica como forma de aprender a linguagem social da Ciência escolar através de interações discursivas em sala de aula, guiadas pela perspectiva sociocultural (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Quando se pensa na aprendizagem científica, verificamos que dentro e fora do contexto escolar nossos conhecimentos estão entrelaçados de informações, leis, modelos e teorias que trazem definições de distintos conceitos.

Mortimer e El-Hani (2014) expressam que um conceito científico é concebido como parte de uma linguagem natural ou baseado em um sistema estruturado de conhecimento, como Ciência, em que podem ser definidos como estruturas ou entidades linguísticas. Nessa ótica, entende-se então que cada indivíduo constrói seus conceitos, que podem ser influenciados diretamente pelo seu contexto social, e estas ideias ganham significados quando cada sujeito consegue estabelecer representações em múltiplos contextos, e que seu uso contínuo pode resultar em sua internalização, isto é, um movimento dialético na quando o sujeito discute, aplica e compartilha os diferentes conceitos socialmente, e nesse processo ele constrói e reconstrói seus conceitos a partir de construção social e individual.

Para Mortimer et al. (2014), tais visões podem implicar que os conceitos são entidades mentais, relativamente estáveis; que os conceitos pertencem a um indivíduo e, por fim, no contexto da educação científica, os conceitos podem envolver o desenvolvimento de cada estudante, com base na Ciência escolar.

Assim, na ótica da teoria dos perfis conceituais esse desenvolvimento se edifica no processo de conceitualização, uma vez que conceitualizar é entender os conceitos como construções sociais. Nesse sentido, o processo de conceitualização, pode ser definido como uma etapa emergente estabelecida por meio da interação de um indivíduo em alguma experiência externa, ocorrendo como um processo de natureza social, isto é, motivado socialmente (MORTIMER et al., 2014).

Stains e Talanquer (2008) também expressam que é de grande importância a construção de conceitos na aprendizagem de conteúdos de Química, mas um conceito não deve ser entendido como algo isolado, i. e., que aprendemos isoladamente, mas que deve fazer parte de uma compreensão do mundo a partir das relações sociais e culturais. Desse modo, o conhecimento prévio e os fatores contextuais devem ser sempre reconhecidos como influenciadores da aprendizagem conceitual dos estudantes e também de professores.

Uma das bases para abordagem de conceitos está atrelada aos estudos de Vigotski na lei de genética geral, a qual aponta que os conceitos aparecem no plano social e que o pensamento individual se desenvolve através da internalização, em face à ocorrência de interações sociais. Então, é a partir desse processo de internalização que compartilhamos conceitos que são utilizados para significar nossas experiências, e que também, de certa forma, são constituídos por meio de nossa experiência (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Ao reportarmos as nossas experiências, salientamos que elas são diversas e estão relacionadas às perspectivas as quais significamos a tudo o que nos cerca, em específico, da forma que falamos e interpretamos o mundo, ou seja, nossa capacidade de pensar e falar estabelece a construção de nossas experiências, e nos faz refletir sobre nossas ações. A capacidade de reflexão nos coloca como sujeitos socioculturais, na qual criamos intrinsecamente um processo dialético entre a internalização e a externalização, segundo Mortimer et al. (2014, p. 10, tradução nossa):

Construímos nosso plano interno de funcionamento por meio de uma interação dialética com o plano externo das relações, e depois que interagimos com os outros por meio de processos dinâmicos que não acontecem apenas dentro do nosso cérebro, mas se estendem para além de nossa pele, e tem um contínuo intercâmbio e entrelaçamento de processos internos e externos. Nós internalizamos as relações sociais e semióticas, através de um processo de externalização, comunicando e

interagindo com os outros em nosso ambiente social. Depois nos externalizamos, em um fluxo constante de interações sociais e semióticas, envolvendo-se com um plano interno de funcionamento, que nos permite administrar nosso relacionamento com os outros.

Como percebemos, esta dinâmica direciona o indivíduo para o centro de todo o processo. Por isso, quando aprendemos nós formamos um processo dialético de internalização/externalização, e o fluxo deste resulta em uma ampliação do sistema cognitivo. Para Mortimer e El-Hani (2014), este fluxo se desdobra em diferentes direções no desenvolvimento ou construção intrapsicológica, e ajuda a entender quando estamos aprendendo a pensar conceitualmente, bem como quando estamos interpretando algo com nossos conceitos aprendidos.

Nesta perspectiva, quando aprendemos conceitos, existe um inter-relacionamento direto entre cérebro-corpo-ambiente que não reduz os processos ou funções mentais apenas ao cérebro. E esta estreita relação nos permite construir inferências acerca da estabilidade dos conceitos científicos e do pensamento conceitual, e pode nos ajudar a explicar possíveis relações entre conceitos e contextos, por exemplo.

Segundo Mortimer e El-Hani (2014), são ideias muito distintas, isto é, conceitos que se estabilizam em um discurso social a partir de processos sociais que resultam em sua concepção e variações, já o pensamento conceitual aponta a estabilidade como um processo recorrente entre relações de nosso cérebro com nossas experiências situadas, que definimos como um tipo de experiência que vivemos antes e com a qual aprendemos a lidar, isto é, um mesmo tipo de pensamento conceitual tende a se reproduzir variadas vezes.

A significação do pensamento é fundamentada em nossas percepções e ações, assim, o corpo desempenha um papel central na cognição (ROBBINS; AYDEDE, 2009), mas a cognição não se reduz um procedimento corporal, trata-se de algo que ocorre de forma situada a partir da interação mediada pela percepção/ação e crucialmente pela linguagem. Portanto, tanto o aprendizado, quanto o pensamento ocorrem por meio de um entrelaçamento dialético da mente com o mundo.

Este entrelaçamento, segundo Vigotski (1987), pode ser compreendido a partir do que entendemos entre sentido e significado, e com base nestes expressamos nossas experiências. De acordo com Mortimer et al. (2014), Vigotski considera o sentido de uma palavra como o conjunto de todos os fatos psicológicos que resultam em nossa consciência ao interpretar a palavra, podendo ser entendido como uma formação dinâmica e fluída, com ideias variando a sua estabilidade e tendo determinada dependência do contexto. Já para os autores, o significado

é muito mais estável e repetitivo, isto é, oferece a possibilidade de intersubjetividade, na qual em uma dada situação duas ou mais pessoas podem compartilhar o significado de uma palavra.

Nesta ótica, os conceitos são generalizações, por exemplo, na visão de Vigotski de:

À medida que a criança cresce, ela passa por um processo de enculturação em que ela enfrenta muitas situações sociais na qual ela vai usar a mesma palavra, e é através desse processo social que a palavra gradualmente adquire um significado generalizável e estável, enquanto isso, a criança está reconhecendo plenamente o significado de que está dizendo, e assim, pode adquirir um controle cada vez maior sobre os mediadores semióticos que ela usa nas interações cotidianas. Dessa perspectiva, o significado da palavra nunca pode ser algo puramente interno a uma pessoa, antes, é uma construção social no sentido de ser socialmente desenvolvida (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p. 12)(tradução nossa).

Dessa forma, o conceito de significado e sentido são compreendidos por Vigotski (1934/1987) como semânticos; o significado emerge na relação entre pensamento e palavra, e a relação entre pensamento e palavra é um processo, isto é, um movimento mútuo do pensamento para a palavra (MORTIMER; EL-HANI, 2014). E o movimento do pensamento para a palavra é um processo de desenvolvimento, sendo que o pensamento não é expresso, mas sim completado na palavra.

Para Mortimer et al. (2014) é importante salientar que os conceitos não são estruturas cerebrais que podem ser lidas em voz alta, mas só existem de maneira estável como parte do conhecimento edificado socialmente, que se manifesta na forma de linguagens sociais e que o pensamento conceitual, isto é, a conceituação, por sua vez é mais dinâmica e só pode adquirir estabilidade, como um processo através de restrições que atuam sobre ele, quando essas restrições estão conectadas aos significados socialmente instituídos pelos conceitos.

Então, entende-se que é a partir dos significados estabilizados socialmente que construímos a capacidade de pensar conceitualmente. Assim, é interessante destacar que a heterogeneidade da experiência permite entender que o mundo social não é homogêneo, algo que Mortimer e El-Hani (2014) expressam, ao afirmar que o mundo social é uma estrutura multiforme, ou seja, heterogêneo, e está repleto de modos de perceber e de compreender as experiências particulares dos outros.

Considerando tais fatos, a teoria dos perfis conceituais se fundamenta na ideia de que os indivíduos possuem distintas maneiras de ver e conceituar o mundo, e que elas estão relacionadas diretamente aos diferentes modos de pensar que são utilizados em variados contextos (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Os autores ainda falam que a heterogeneidade do pensamento significa que em qualquer cultura os diferentes sujeitos têm distintos modos de

pensar, e tal fato também é apoiado por Tulviste (1991), quando expressa que as pessoas não têm uma forma única e homogênea de pensamento.

Diante disso, os perfis conceituais se estabelecem como modelos da heterogeneidade de modos de pensar que os diferentes indivíduos possuem e que são interligados a um conjunto de condições culturais para utilizar em uma variedade de contextos. De acordo com Mortimer et al. (2014), os modos de pensar são maneiras estáveis de conceituar um determinado tipo de experiência, na qual se atribui um significado socialmente construído, conferido a um determinado conceito.

Segundo Mortimer e El-Hani (2014), cada modo de pensar é modelado como uma zona em um perfil conceitual que se estabiliza a partir de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos subjacentes à construção de significado sobre um conceito. Quando relacionamos isso à estabilidade não se consideram apenas as ideias de um único sujeito, mas a forma que ele, o sujeito, é circunscrito por múltiplos compromissos socialmente construídos, que se baseia na pertinência de significados específicos a um conceito.

Perfis conceituais, então, são estruturados para um determinado conceito e constituem diferentes zonas, cada uma representando um modo particular de falar (MORTIMER et al., 2014).

Cada indivíduo tem seu perfil conceitual individual. É importante notar, no entanto, que de acordo com a teoria do perfil conceitual, é apenas a importância relativa ou “peso” das zonas que variam de pessoa para pessoa, enquanto as zonas ou modos de pensar em si são compartilhados por indivíduos em um dado contexto sociocultural, como mantido por abordagens socioculturais à ação humana (MORTIMER; EL-HANI, 2014, p. 15, tradução nossa).

Assim, verificamos que as experiências de cada sujeito são importantes, e que elas possibilitam entender os diferentes modos de pensar de cada um, pois as ações compreendidas como individuais se utilizarão das zonas em conformidade com a aplicação no contexto em que este sentir é apropriado. Por exemplo, não podemos versar que um estudante de Química use a definição de substância, dentro do laboratório de Química Analítica –contexto este que se recomenda utilizar o conceito de substância a partir de suas propriedades e características (sub)microscópicas e macroscópicas, empregando ideias do senso comum, tratando substância como mistura ou elemento, por exemplo. O que estamos querendo dizer é que cada indivíduo possui distintos modos de pensar e formas de falar, e que o contexto no qual ele está pode direcionar o modo que este sujeito usa as diferentes zonas que um dado conceito apresenta.

Considerando a concepção de modos de pensar e formas de falar, na conjuntura da teoria, embora as formas de falar possam ser acessadas social e individualmente, só podemos

ter acesso a modos de pensar em termos sociais, e não individuais (MORTIMER et al, 2014). Para os autores, não se pode conhecer o conteúdo da mente de um sujeito, a menos que expresse o que está pensando e, nesses termos, lidamos com a fala e não diretamente como o pensamento, todavia, com base na teoria, o pensamento e a fala são tratados como dialeticamente inter-relacionados e, assim, podemos supor que modos de pensar e formas de falar são interdependentes nas pessoas, assim como em linguagens sociais.

Este inter-relacionamento de modos de pensar e formas de falar estão imbricados à ideia de Vigotski (2001) que defende uma estreita relação entre eles afirmando que os modos de pensar de um grupo estão funcionalmente relacionados à estrutura de sua linguagem. Assim, de fato, o ser humano não vive sozinho nem no mundo objetivo nem no mundo da atividade social, mas estão sujeitos à influência da linguagem particular que se tornou o meio de expressão de nossa sociedade. E é importante salientar que nossa realidade é inconscientemente construída sobre os hábitos da linguagem de grupos, um exemplo disso é uso de expressões que ganham diferentes sentidos, dependendo da região, os sujeitos podem atribuir sentidos distintos para um alimento que é bastante típico no Brasil, a macaxeira (região nordeste), aipim (região sudeste) ou mandioca (região norte), considerando fatos e experiências que tornaram aquele saber algo pragmático na linguagem social local.

Tal fato coloca que, para construirmos um perfil conceitual devemos considerar uma gama de significados conferidos a um conceito e uma diversidade de contextos de construção de significados, incluindo os domínios genéticos de Vigotski, quais sejam: sociocultural, ontogenético e microgenético, que permitem entender as relações entre pensamento e linguagem e a formação de conceitos (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Para Coutinho, EL-Hani e Mortimer (2005), Reis (2018) e Pimentel (2019), o método genético de Vigotski nos permite seguir o desenvolvimento das funções e dos processos mentais no contexto de ensino de Ciências, instituindo uma tomada de consciência da heterogeneidade de significados que os conceitos podem apresentar, levando em consideração a influência dos diferentes contextos e períodos históricos da sociedade.

Assim, segundo Wertsch (1988), o método genético se estabelece a partir de quatro diferentes domínios genéticos, sendo eles: filogenético, sociocultural, ontogenético e microgenético. Em relação ao domínio filogenético está relacionado ao desenvolvimento de funções mentais superiores dentro de uma evolução de uma espécie; o sociocultural diz respeito à construção do conhecimento como produto das relações sociais (produção coletiva) influenciadas pela cultura e época; o ontogenético está alinhado aos significados que o sujeito constrói ao longo de sua vivência em sociedade e, por fim, o microgenético está atrelado a

fenômenos e experiências de cada processo psicológico formativo que o sujeito experimenta (WERTSCH, 1988).

Neste estudo iremos apenas considerar os domínios sociocultural, ontogenético e microgenético, pois poderemos observar a gênese do conceito de reações químicas, a partir de dados alcançados em fontes históricas secundárias da Ciência e filosóficas da Ciência, que englobam o domínio sociocultural, concepções informais da literatura, que está conectado ao domínio ontogenético, e concepções de estudantes e licenciandos em Química, as quais incorporam o domínio microgenético, para construirmos assim a proposta de perfil conceitual de reações químicas.

Para Mortimer et al. (2014), quando se realiza as concatenações supracitadas, se busca entender a construção de significados com base nos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos considerando as relações do domínio sociocultural com a história da Ciência; do domínio ontogenético, por meio de estudos de levantamento de concepções com indivíduos de diferentes níveis de instrução; e do domínio microgenético, a partir de dados de entrevistas, questionários e interações discursivas, os quais quando reunidos têm a capacidade de estabilizar os modos de pensar e formas de falar acerca dos conceitos, e dessa forma, torna-se possível individualizar as zonas para a construção de um perfil conceitual.

Diante disso, Mortimer et al. (2010) apontam que a teoria dos perfis conceituais permite entendermos a gênese de conceito através dos tempos, além de permitir entendermos que a linguagem científica e do senso comum podem ser compreendidas e utilizadas por um mesmo sujeito, e como relatam Sepúlveda; Mortimer; El-Hani (2007) essas ideias também podem ser sobrepostas no discurso e na fala dos sujeitos, sendo necessário compreendermos o que é um conceito no contexto da teoria. De tal modo, assumir a existência de perfis conceituais como manifestação da heterogeneidade do pensamento implica reconhecer a coexistência de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, que são empregados pelos sujeitos nos contextos compreendidos por estes como apropriados.

Vale destacar que, dentro das bases da teoria dos perfis, de acordo com Mortimer et al. (2014), para propor um perfil é preciso cumprir uma série de requisitos que devem ser seguidos com rigor metodológico, quais sejam: devem ser conceitos centrais, não podem ser algo periférico de uma dada ciência; devem apresentar estritamente um caráter polissêmico, ou seja, com muitos significados distintos e diferentes modos de pensar que possam ser relacionados para um mesmo conceito e, por fim, devem ser usados tanto na linguagem científica quanto na linguagem cotidiana, para que seja possível estruturar um modelo da heterogeneidade do

pensamento e da fala que esteja apto a ser utilizado na análise de interações discursivas em sala de aula.

Deste modo, organizar modos de pensar, isto é, construir zonas, é mais do que tentar categorizar um discurso falado ou escrito, é necessário ir além disto, pois é preciso entender que as zonas de um perfil conceitual são estruturadas por compromissos e podem ser verificadas de forma explícita em variadas declarações dos indivíduos em diferentes contextos (MORTIMER; EL-HANI, 2014). Essas verificações, *a priori*, permitem apontar que o discurso é heterogêneo, e até mesmo a Ciência em si não é homogênea, e que tanto no discurso quanto na própria Ciência existem diferentes formas de significação. Por exemplo, segundo Mortimer et al. (2014), Mortimer (2000), que, ao explicar várias propriedades das substâncias, demonstra que químicos lidam com o átomo como uma esfera rígida e indivisível conforme o modelo de Dalton, todavia, as fórmulas utilizadas por eles também têm a capacidade de representar átomos dispostos em moléculas.

Por isso, é perante esta heterogeneidade que conseguimos conjecturar que os distintos modos de pensar e formas de falar de um dado conceito coexistem em um mesmo indivíduo. Assim, é a partir dessa coexistência que a teoria dos perfis conceituais reforça que é de grande importância pensarmos na aprendizagem dos indivíduos, e que a partir dos perfis conceituais, podemos contribuir para o enriquecimento do perfil conceitual de cada sujeito (como um processo cognitivo), bem como possibilitar a tomada de consciência da multiplicidade de modos de pensar que constituem um perfil, assim como dos contextos nos quais eles podem se empregados de forma pragmática (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

De acordo com Silva (2011) e Coutinho, e El-Hani e Mortimer (2005), a tomada de consciência de um indivíduo pode ser realizada a partir de reflexões que o mesmo pode realizar (processo metacognitivo) sobre as diferentes concepções que possui, vinculando as distintas zonas de um perfil conceitual que emergem em determinados contextos. Diante disso, consideramos que a tomada de consciência é um ponto de alto domínio e generalização dos conceitos, e que a percepção é um estágio anterior à tomada de consciência (VIGOTSKI, 1987).

Nesse sentido, as reflexões do sujeito podem proporcionar uma tomada de consciência a partir da percepção dos diferentes significados que um conceito apresenta. E essas ponderações podem ser subsidiadas pelo método genético de Vigotski, que elucida que os processos mentais humanos podem ser mais bem compreendidos em sua essência quando o indivíduo reflete sobre quando e onde foram formados.

Logo, segundo Mortimer e El-Hani (2014) esse ato de reflexão tem um objetivo metacognitivo de tornar o indivíduo consciente da multiplicidade de modos de pensar e formas

de falar e seus contextos de aplicação, sendo esta uma das grandes preocupações da teoria dos perfis conceituais. Quando um sujeito compreende um perfil de modos de pensar um determinado conceito, espera-se que este também entenda que as zonas não são iguais, e que cada uma tem sua importância em usos particulares.

Nesta perspectiva, aprender Ciência também é aprender sobre os contextos em que os distintos modos de pensar científicos são aplicados, e entender a escolha mais apropriada para cada um ser empregado (MORTIMER et al., 2014). Segundo os autores, estes modos têm seu grau de importância, mas não são poderosos em todos os contextos de experiência e sim apenas uma parte deles. Nesse sentido, dentro da teoria dos perfis a educação científica se dará como a convivência dos diferentes modos pensar, e que, ainda que em nenhuma hipótese ocorra a substituição da linguagem cotidiana pela linguagem científica, é preciso que compreendamos de forma precisa o valor pragmático de cada uma delas.

Por exemplo, segundo Mortimer e El-Hani (2014, p. 19):

[...] em uma loja, um estudante naturalmente pedirá um ‘casaco quente de lã’. Esse modo de falar é muito mais apropriado e poderoso do que o discurso científico naquele contexto e, devido a inextricável relação entre pensando e linguagem, é provável que ele traga um modo de pensar correspondente. Afinal, a comunicação com o vendedor será difícil se o aluno pedir um ‘casaco feito com um bom isolante, que impede o corpo de trocar calor com o ambiente’.

Sendo assim, o uso da linguagem cotidiana em contextos nos quais têm um valor pragmático preserva significados que, às vezes, estão em desacordo com as ideias científicas. E segundo Mortimer et al. (2014), a teoria dos perfis conceituais enfrenta essa dificuldade enfatizando tanto a diversidade de pensamento e discurso, como também salienta a importância das demarcações entre contextos apropriados de aplicação dos distintos modos de pensar e formas de falar.

Então, a teoria em tela busca compreender a evolução conceitual em termos de coexistência de ideias diferentes, não como forma de rompimento com as próprias concepções; pelo contrário, busca promover no âmbito da educação científica uma diversidade de contextos nos quais as concepções científicas possam ser utilizadas e, além disso, é preciso desenvolver a compreensão conceitual na Ciência; para isso é necessário estabelecer relações entre significados científicos e cotidianos para as mesmas palavras.

Este estabelecimento de relações permite entender que ideias não-científicas de pensamento não podem ser tratadas como inferiores, mas sim como culturalmente adequadas para algumas e não para todas as esferas da vida em que agimos e falamos. Isso também admite elucidar que as visões científicas são mais aconselháveis em determinadas esferas da vida, e

por esse motivo devem ser apropriadas pelos estudantes como uma formação científica social e cultural (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Esta formação científica social e cultural pode ser mais bem entendida a partir do alinhamento dos perfis conceituais com as ideias bakhtinianas, que defendem que o gênero da fala e da linguagem social são úteis para se estabelecer relações entre os distintos modos de pensar, modelados nas zonas de um perfil conceitual. Por essa razão, segundo Mortimer e Scott (2003), e Mortimer et al. (2014), combinou-se as perspectivas de Bakhtin com os perfis conceituais em uma abordagem integrada à análise do discurso em sala de aula.

De acordo com Bakhtin (1981), as linguagens sociais são pontos de vista específicos do mundo, mas destaca que a fala não é uma forma de linguagem e sim uma forma de enunciação de sujeitos que permite correspondências entre os significados das palavras e a realidade concreta. Nesse sentido, a linguagem social está relacionada a um ponto de vista específico determinado por uma posição social ou profissional, e o gênero da fala está relacionado ao lugar social e institucional em que o discurso é produzido.

Nesta perspectiva, Mortimer e Scott (2003) elucidam que, na educação científica, professores e estudantes devem aprender as linguagens sociais da Ciência e da Ciência escolar por meio de interações discursivas. E nas interações podemos compartilhar modos de pensar e formas de falar que podem ser utilizadas para dar significados às nossas experiências.

Assim, o elo da teoria de Bakhtin e os perfis conceituais está em estabelecer que a aprendizagem envolve não apenas compreender os modos científicos de pensar, sendo preciso também considerar o objetivo metacognitivo de fazer com que os diferentes sujeitos sejam conscientes da heterogeneidade dos modos de pensar. Nesse pensamento, isso significa fazer com que os estudantes e professores compreendam que as zonas são aplicadas a diferentes contextos, que podem ser empregadas numa ótica científica ou não científica.

Assim sendo, esses aspectos da linguagem, permitem observarmos o desenvolvimento conceitual dentro e fora da sala de aula, a consciência acerca das diferentes formas de pensar e falar os conceitos que podem ser percebidos nas interações discursivas que ocorrem em sala de aula. E por fim, a construção de significados, orientando sentidos aos conhecimentos versados cotidianamente em sala de aula. A seguir apresentamos algumas considerações acerca dos pressupostos epistemológicos da teoria dos perfis conceituais.

CAPÍTULO 2

Bases epistemológicas para a teoria dos perfis conceituais

Neste capítulo apresentamos uma breve discussão acerca de algumas bases epistemológicas que fundamentam a teoria dos perfis conceituais, apresentando ideias sobre o relativismo e o racionalismo e as contribuições do pragmatismo na organização da teoria em discussão.

2.1. Considerações sobre o relativismo e a teoria dos perfis conceituais

O diálogo que *a priori* estamos traçando acerca da teoria dos perfis conceituais assinala sobre a sua existência como uma manifestação da heterogeneidade do pensamento e da fala e implica reconhecer a possível coexistência em um indivíduo de dois ou mais significados para a mesma palavra ou conceito, que pode ser ou não acessado e utilizado nos contextos apropriados. Além disso, dentro dessa heterogeneidade existe uma hierarquia genética proposta por Wertsch (1988), a partir dos domínios genéticos mencionados no capítulo anterior, na qual tem-se que o desenvolvimento de novas formas de atividade podem originar novos tipos de pensamentos, mas destaca que as formas anteriores não são excluídas e continuam a desempenhar alguma funcionalidade à medida que podem ser utilizados em determinados contextos, conforme discutido no capítulo anterior.

Quando pensamos no ensino de Química/Ciências, uma das ações iniciais envolve inserir os modos de aprender o pensamento científico, processo este que envolve o cognitivo, enquanto o segundo processo (metacognitivo) exige que os estudantes adquiram uma visão mais clara sobre quais zonas são apropriados a determinados contextos. Segundo Mortimer e El-Hani (2014), quando discutimos este processo metacognitivo, de fato, estamos colocando que o indivíduo utilize os seus distintos modos de pensar e formas de falar em contextos adequados, o que pode sugerir uma maior valorização para ideias que se aproximam mais (ou menos) do caráter científico, mas que a partir da teoria dos perfis conceituais alguns modos podem ser pragmaticamente melhores que os outros, dependendo do problema apresentado aos indivíduos.

Assim, é importante compreender que os estudantes podem estar em diferentes estados cognitivos de desenvolvimento, nos quais podem dominar a ideia científica, mesmo sem ter ciência de como estas se encaixam na heterogeneidade de seus próprios pensamentos. Assim, a

aplicação do conhecimento a situações da realidade deve ter um papel central no ensino de Química/Ciências, uma vez que isso preparará os estudantes a compreenderem no futuro que o conhecimento deve ser problematizado e, assim, que podemos diferenciar ideias mais aplicáveis a alguns tipos de problemas do que a outros.

Para melhor entendermos, El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014, p. 36) expressam um exemplo de que, “um estudante pode perceber que o conceito científico de ‘calor’, como um processo de transferência de energia entre sistemas a diferentes temperaturas, é complementar ao seu conceito cotidiano de calor, que assume o calor como sendo proporcional à temperatura’. Destarte, o que podemos inferir é que na sala de aula os estudantes devem aprender a maneira científica de discutir o conceito, porém o valor pragmático da linguagem do cotidiano resguardará os significados que de alguma maneira estão em desacordo com a ótica científica. O que nos permite entender que existe sim a heterogeneidade do pensamento, mas os diferentes modos de pensar estão imbuídos com os valores pragmáticos de cada indivíduo.

Assim sendo, a teoria dos perfis conceituais enfatiza a necessidade de diálogo entre os significados científicos e cotidianos para desenvolver a compreensão conceitual na Ciência, distinguindo claramente entre diferentes formas de conhecimento e os contextos nos quais elas podem ser mais bem aplicadas (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Vale também salientar que esta distinção em hipótese alguma entenderá que os modos não-científicos de pensar devam ser desvalorizados, como se fossem menos importantes, mas que eles devem ser reconhecidos como culturalmente apropriados para algumas, mas não para todas as esferas da vida nas quais agimos e falamos. Além do mais, os modos de pensar científicos não podem ser desvalorizados para situações não escolares/científicas, e por isso, a teoria em tela buscar estabelecer o enriquecimento conceitual e a compreensão da pluralidade de pensamento e fala, e a diversidade de contextos.

2.2. Desdobramentos do Racionalismo e Relativismo: olhares para a teoria dos perfis conceituais

Toda teoria necessita passar pelo crivo de diferentes pensadores para que consiga espaço e que suas ideias sejam compreendidas como viáveis, passíveis de refutação e que suas definições sejam consistentes. Assim, de acordo com a teoria do perfil conceitual, é importante que os diferentes indivíduos estejam cientes das distinções entre os diferentes modos de pensar e formas de falar que povoam nossa experiência social (EL-HANI, SILVA-FILHO, MORTIMER, 2014).

De acordo com Mortimer et al. (2014b) é preciso levarmos em conta os critérios epistêmicos utilizados na Ciência, bem como os critérios epistêmicos encontrados em outras formas de conhecimento, para que possamos fazer com que os diferentes sujeitos sejam capazes de compreender e estimular as diferenças entre os diversos modos de conhecer. Para tanto, para se entender porque o pensamento é heterogêneo, devemos nos esforçar para construir uma visão mais sistemática e organizada dessa heterogeneidade, de tal maneira que a polissemia não se degenera em ambiguidades descabidas e conflitos conceituais.

Quando pensamos na teoria dos perfis conceituais considerando a heterogeneidade de modos de pensar e formas de falar, logo emerge a discussão sobre o racionalismo e o relativismo que lançam questões sobre a avaliação e escolha de teorias, bem como a demarcação entre Ciência e não Ciência. Nesse sentido, o pensamento racionalista traz à tona a existência de um critério atemporal e universal para avaliar os méritos de teorias distintas, como também a refutabilidade concede critérios de demarcação que, segundo Popper (2002), a proposição ou sistema científico de proposições deve ser capaz de entrar em conflito com questões possíveis ou concebíveis.

Nesta ótica, Popper (2002) expressa que é necessário defender uma atitude crítica, isto é, um racionalismo crítico que pode ser entendido como um esforço consciente para submeter nossas teorias e concepções a testes lógicos e empíricos rigorosos. Assim, o objetivo do cientista não é descobrir a “certeza absoluta”, mas sim conceber teorias que tenham cada vez mais conteúdos que lhe permitam uma crescente de refutabilidade, estando aptas a mais e mais rigorosos testes.

Para El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) as ideias de Popper estão comprometidas com um critério atemporal e universal para avaliar os méritos relativos das teorias, isto é, ele é um racionalista e deixa claro que, ao escolher entre duas ou mais teorias, um cientista agiria de maneira inteiramente racional, usando critérios universais e a-históricos, um conjunto de regras claras e não ambíguas para determinar a escolha da teoria.

Destarte, apesar da importância da visão racionalista, a teoria dos perfis conceituais não se encaixa nesta postura. O que sugere uma ligação com relativismo, de maneira crítica e que, de acordo com Chalmers (1993 apud MORTIMER; EL-HANI, 2014), podemos encontrar em diferentes relativistas a ideia de que o objetivo do conhecimento depende do que é considerado importante ou valorizado pelos indivíduos ou comunidade em questão.

Nesta ideia, podemos entender que os olhares que interessam do relativismo para a teoria dos perfis conceituais dizem respeito à tese de que a crítica contra critérios universais de demarcação ou avaliação teórica têm como consequência necessária a conclusão de que, por

isso, não podemos avaliar nossas crenças. O que corrobora ao pensamento de que há diferentes formas de se entender e explicar o mundo, sendo a perspectiva da Ciência apenas uma delas.

Para Mortimer et al. (2014b) a visão racionalista traz uma forte crítica acerca da pretensão de verdade e da validade universal da Ciência, e defende a diversidade de formas de conhecer, produzidas em diferentes culturas. Diante disso, a ideia da heterogeneidade do pensamento se encaixa à medida que podemos melhor entendermos que os diferentes modos de pensar e formas de falar um conceito têm importância, uma vez que esta pluralidade se respalda na construção de diferentes culturas.

E além do mais, essa visão também é forte no ensino de Ciências, pois muitos pesquisadores defendem uma educação científica multicultural assumindo um tipo de relativismo, justificando que a Ciência moderna ocidental é apenas um exemplo de várias ciências igualmente válidas edificadas pela ação humana ao longo de sua história, conforme defendido por El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014). Por isso, o interessante a se discutir é que não se deve compreender que a Ciência é a única forma de conhecer e gerar conhecimento confiável sobre fenômenos naturais, pois existem outras formas que também, em algum momento ao longo dos séculos, produziram conhecimento confiável relacionado a distintas observações sobre fenômenos naturais.

Sendo assim, para se propor um perfil conceitual levamos em consideração consideradas como imprescindíveis as concepções construídas, histórica, filosófica e socialmente ao longo dos anos, nesse sentido, conhecimentos advindos de períodos históricos nos quais alguns conceitos eram utilizados sem ter cunho científico também são considerados, pois fazem parte da gênese do conceito. Um exemplo disso é o conceito de reações químicas, emergiu apenas como transformações, considerando o uso do fogo, a manipulação de ligas metálicas, além do mais, durante a alquimia ele foi profundamente compreendido como transformações atrelado à magia e às forças esotéricas. E com o passar dos séculos foi abrangido como transformações químicas até ser tratado como reações químicas, a partir de definições e aprofundamentos científicos da Química.

De acordo com El-Hani e Bandeira (2008), é importante não confundirmos o significado do termo Ciência com conhecimento, e se o fizermos perderemos apenas um termo cujo significado estamos tentando esclarecer, “ciência”, para obtermos apenas mais um sinônimo. Por isso, para os autores, fazer esta confusão, isto é, se eles perdem suas distinções perdem também seus valores epistêmicos em termos de seus próprios critérios de validação, pois ao chamá-los de “ciência” podemos inadvertidamente preparar o terreno para que eles sejam

submetidos aos critérios da ciência moderna, em vez de serem valorizados por seus próprios méritos.

Este tipo de posição relativista implica que tudo o que podemos fazer para compreender as escolhas teóricas dos cientistas é investigar seus valores e como esses valores orientam suas escolhas. Dessa forma, a escolha da teoria não seria mais uma questão epistemológica, mas um tópico para investigações psicológicas e também das investigações sociológicas, dado que nenhuma escolha é realmente individual, e sim depende das circunstâncias sociais nas quais a pessoa está inserida.

Então, para El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014) não é necessário fazermos distinções sobre estudos da Ciência com as questões epistemológicas, históricas e sociológicas, pois elas podem ser tratadas juntas. O que de fato é preciso é mantermos clara a interdependência das dimensões que elas possuem, o que sugere que o relativismo não necessita ser unido a uma conjuntura controlada, uma vez que o que realmente precisamos é estabelecer diálogos entre o relativismo e o racionalismo.

2.3. Contribuições do pragmatismo para a teoria do perfil conceitual

Na ótica do pragmatismo, nossos compromissos ontológicos, especulações epistemológicas e corpos de conhecimento devem ser avaliados total ou parcialmente em termos de sua eficiência pragmática (MORTIMER et al., 2014b). Se alinharmos este pensamento à teoria dos perfis conceituais, verificamos que as zonas de um perfil conceitual são organizadas com base em nossos compromissos ontológicos e epistemológicos, o que desde já assinala que a teoria em discussão não está comprometida com o relativismo do ‘vale tudo’.

Ao especificar que a teoria do perfil conceitual não está comprometida com o relativismo, de fato se assume o pragmatismo como um fundamento filosófico que de antemão já esclarece que não é ‘qualquer coisa’, e que um perfil conceitual não é estabelecido de forma aleatória (EL-HANI; SILVA-FILHO; MORTIMER, 2014). Nesse sentido, toda distinção real em pensamento ou significado deve consistir em uma possível diferença na prática, e isso está intimamente integrado à ideia de que modos distintos de pensar, como modelados em um perfil conceitual, têm diferentes significados e domínios de validade, uma vez que essa distinção é baseada nas consequências pragmáticas que esses modos de pensamento têm para os modos de falar e formas de agir.

Nessa direção, a ideia de pragmatismo aqui elencada se alinha ao pensamento de Dewey, que foi influenciado pelo pragmatismo peirceano e jamesiano, ou seja, William James foi

altamente influente na história do pragmatismo, uma vez que ele foi diretamente responsável por chamar a atenção da comunidade científica e filosófica para a doutrina construída por Peirce (JAMES, 1907 apud MORTIMER et al., 2014b).

Para Mortimer et al. (2014b) uma das diferenças importante entre Peirce e James foi que Peirce desenvolveu sua ideia de pragmatismo como um movimento direcionado a padrões impessoais e objetivos, já James tratou o pragmatismo de maneira mais subjetiva. Vale ainda destacar que, segundo os autores, o pragmatismo de James não foi inteiramente subjetivista como argumentaram filósofos influentes como Bertrand Russell (1910) e George E. Moore (1922), pois ele levou também em consideração os julgamentos objetivos em sua filosofia; ou seja, sua versão do pragmatismo não é tão objetiva quanto a de Peirce, que trata o pragmatismo como uma forma de validar padrões objetivamente convincentes que ele concebe como consequência de hábitos de ação seguidos por um resumo entre comunidade de agentes racionais.

Então, estes autores influenciaram diretamente o pensamento pragmático de Dewey, e em específico ele usa a teoria lógica de Peirce como um ponto de chave para fundamentar uma explicação da lógica como uma investigação que possibilita esclarecimentos acerca de nossos argumentos. Além disso, Dewey a importância da investigar nossa prática, considerando diferentes formas lógicas de investigação, para que tornem os problemas compreensíveis para todos envolvidos, e seja conectado a dessemelhantes olhares cunhados com base na reflexão.

De acordo com Mortimer et al. (2014b), a ideia de Dewey é estabelecer que a História da Ciência e seus métodos geram a pesquisa e a pesquisa gera não apenas novos conhecimentos, mas também novos cânones que controlam a produção de conhecimento, e que por isso um bom método de investigação deve ser autocorrigido. Vale salientar que na visão dos autores Dewey não está falando de um método científico rígido, ou seja, esse método não é um constructo fechado, mas muda ao longo dos tempos históricos, na medida que não é estabelecido *a priori*, baseado apenas em operações lógicas, mas segue da prática real.

Essa conjectura de Dewey corrobora ainda mais com a teoria dos perfis conceituais, pois quando um perfil conceitual é proposto, as zonas – apesar de serem estruturas com bases em compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos –, não são fixas e absolutas, ou seja, elas podem ser revisitadas e podem surgir também outros modos de pensar, dando complementaridade as zonas de um perfil conceitual, como pode ser para um perfil de reações químicas. Segundo Mortimer et al. (2014b), o pragmatismo de Dewey não considera as formas lógicas como fixas e eternas, mas mudam com transformações tanto nas formas habituais em que a investigação procede quanto nas consequências dela decorrentes.

Outra importante contribuição da perspectiva de Dewey (1938), é em relação a articulação da teoria dos perfis conceituais com as situações, pois precisamos refletir sobre as problemáticas da realidade. Assim, no que diz respeito à teoria em tela podemos dizer que, quando se está examinando e comparando modos de pensar em relação às perspectivas de lidar com uma situação indeterminada é antecipar as consequências de usar esse modo de pensar para fazer a situação determinada e eliminar nossa hesitação em agir.

Dessa maneira que a máxima pragmática se baseia na tentativa de alcançar uma percepção consciente sobre as maneiras pelas quais podemos pensar sobre uma situação e como elas podem ser proveitosamente aplicadas para lidar com ela. E de acordo com El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014), existe uma relação dialética entre ideias e observações: por um lado, quanto mais os fatos do caso são estabelecidos pela observação, mais claros e pertinentes se tornam as concepções de como lidar com o problema constituído pelos fatos; por outro lado, quanto mais clara a ideia, mais definidas se tornam as operações de observação e intervenção para resolver a situação.

Esses fatos são certamente estabelecidos com base no que Dewey considerou ser o método de investigação. No entanto, não devemos esquecer que, embora tendo a ciência como um ponto de partida, Dewey estava ponderando sobre a natureza mais geral desta abordagem à produção de conhecimento, considerando que isso pode acontecer em circunstâncias cotidianas.

Isso significa ampliar a perspectiva de Dewey, na qual passamos a compreender a investigação de outras áreas do conhecimento, como domínios filosóficos ou artísticos (EL-HANI; SILVA-FILHO; MORTIMER, 2014). Desse modo, o conhecimento não é um sistema de verdades, a Ciência não é uma verdade absoluta, imutável e acrítica, e sim espaços construídos por pessoas, em contextos diversos, que estão sempre sujeitos a investigação, novas reformulações e reflexões que buscam contribuir para o desenvolvimento intelectual humano considerando as contribuições científicas e não científicas.

Portanto, a partir desta discussão, acredita-se que o diálogo do relativismo e racionalismo, e as inferências do pragmatismo corroboraram para a construção do perfil conceitual de reações químicas, uma vez que, consideramos a heterogeneidade do conceito supracitado e que este povoa o discurso dos indivíduos tanto em concepções científicas como não científicas. Além disso, apoiam os diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas que se respaldam na construção de diferentes culturas. A seguir, discutimos sobre a importância da contextualização e dos contextos para a teoria dos perfis conceituais.

CAPÍTULO 3

Contextualização e contextos: contribuições para a teoria dos perfis conceituais

Neste capítulo apresentamos uma discussão acerca da importância da contextualização no ensino, assim como realizamos uma breve discussão acerca do contexto e suas relações com os perfis conceituais.

3.1. A contextualização e sua importância no ensino

Segundo Macedo e Silva (2014), o termo contextualização é algo complexo e é intensamente expresso em documentos curriculares do Brasil como uma maneira de aproximação e articulação entre os conteúdos escolares e a realidade dos estudantes, sendo este também entendido como uma forma de tornar os conteúdos mais significativos. E de acordo com Wartha, Silva e Bejarano (2013), a palavra mais adequada, em vez de contextualização, seria contextuação, uma vez que contextualizar tem o significado de enraizar uma referência em um texto do qual foi extraído, e longe do qual perde parte substancial de seu significado. Então, contextualizar pode ser definido como uma estratégia fundamental para a construção de significações, na medida que permite incorporar relações implicitamente percebidas.

Em alguns textos da literatura internacional (VRIES, 1997, DEBOER, 2000, LAUGKSCH, 2000, GUTIÉRREZ-JULIÁN; GÓMEZ-CRESPO; MARTÍN-DÍAZ, 2002, IZQUIERDO; CAAMAÑO; QUINTANILLA, 2007, HODSON, 2008, ARRIASSEC; GRECA, 2012, CAAMAÑO, 2011) a contextualização é compreendida como contextuação, considerando a multiplicidade de contextos, bem como é discutida na ótica da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e da Alfabetização Científica como forma de discutir questões do dia a dia e fazer relações com conteúdos científicos.

No Brasil, o termo em discussão começou a ser utilizado no âmbito do ensino a partir da Proposta Curricular da Coordenadoria Estadual de Normas Pedagógicas do Estado de São Paulo, em 1988, guiando-se em estudos realizados pela Universidade de São Paulo e Universidade de Campinas, com base em pesquisas da literatura internacional, na qual pesquisadores passaram a inserir a necessidade de refletir sobre as questões da Ciência e suas relações com o cotidiano (SILVA, 2007).

Segundo Silva (2007), com base na Proposta Curricular da Secretaria do Estado de São Paulo, as escolas deveriam partir dos interesses dos estudantes, de modo que fizessem com que eles analisassem criticamente a aplicação de conceitos na sociedade. O que nos deixa claro que seria utilizar da contextualização do cotidiano como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos.

Essa ideia também foi aprimorada na Proposta Curricular para o Ensino de Química do Estado de São Paulo, em 1992, que segundo Wartha, Silva e Bejarano (2013) influenciou os currículos de vários estados brasileiros, e inclusive foi fundamentado na Lei de Diretrizes de Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996. Nesse documento, o estudante da educação básica deveria compreender acerca do significado da Ciência e de seu processo histórico e tecnológico como caminhos para a transformação da sociedade e da cultura (BRASIL, 1996).

A contextualização no Brasil ganhou uma orientação mais robusta, que foi corroborada na elaboração das Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM), em 1998, nas quais aponta-se as principais orientações para inserir a contextualização nas escolas.

Art. 9º Na observância da Contextualização as escolas terão presente que:
I - na situação de ensino e aprendizagem, o conhecimento é transposto da situação em que foi criado, inventado ou produzido, e por causa desta transposição didática deve ser relacionado com a prática ou a experiência do aluno a fim de adquirir significado;
II - a relação entre teoria e prática requer a concretização dos conteúdos curriculares em situações mais próximas e familiares do aluno, nas quais se incluem as do trabalho e do exercício da cidadania;
III - a aplicação de conhecimentos constituídos na escola às situações da vida cotidiana e da experiência espontânea permite seu entendimento, crítica e revisão (BRASIL, 1998, p. 4).

Conforme verificamos, nas DCNEM o papel da contextualização seria retirar o caráter descontextualizado do processo de ensino e aprendizagem e passar a relacionar conceitos a situações vivenciadas pelos estudantes. Assim, o que fosse ensinado aos estudantes ganharia sentido em suas experiências.

Essa questão da sala de aula também foi discutida nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), em 1999, no qual recomendam o uso sistemático da contextualização no processo de ensino discutindo conhecimentos que respondam às necessidades da vida contemporânea, defendendo que a aprendizagem conceitual deveria ocorrer a partir de uma visão de mundo baseada na cultura (BRASIL, 1999).

Assim, observando as visões de contextualização nas DCNEM e PCNEM, mesmo considerando a importância da inserção do termo em tela, é importante compreendermos que pensar no ato de contextualizar atrelado a apenas uma significância da realidade, torna-se algo

limitado, uma vez que tal fato pode induzir professores e os responsáveis pelas estruturações curriculares, a compreenderem que isso seria o suficiente para fazer com que os estudantes aprendessem de forma contextualizada.

Nesse sentido, conforme foi verificado nos estudos realizados por Santos e Mortimer (1999) e Silva e Marcondes (2010), muitos docentes têm dificuldade de inserir a contextualização na sua prática pedagógica, e quando faz ainda se limitam a conceder exemplificações genéricas durante o processo de ensino e aprendizagem, a partir de exemplificações do cotidiano. Dessa forma, não basta apenas utilizar-se sistematicamente da contextualização no processo de ensino e atrelar a vida contemporânea, é necessário capacitar os docentes a pensarem na inserção de uma prática contextualizada crítica, considerando a internalização do conhecimento científico, e suas múltiplas reflexões acerca da formação cidadã como um ato político, cultural e científico.

E dando continuidade à nossa discussão, ainda nos PCNEM é exposto a contextualização sociocultural, em que estabelece a compreensão e utilização da Ciência como forma de interpretar o cotidiano e as implicações em sociedade a partir das relações entre Ciência e Tecnologia. De acordo com Brasil (1999, p. 13) a contextualização sociocultural é uma forma de:

- Utilizar elementos e conhecimentos científicos e tecnológicos para diagnosticar e equacionar questões sociais e ambientais.
- Associar conhecimentos e métodos científicos com a tecnologia do sistema produtivo e dos serviços.
- Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.
- Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.
- Entender a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuser e se propõe solucionar.
- Entender o impacto das tecnologias associadas às Ciências Naturais, na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

A visão percebida nos PCNEM se dá a partir de uma perspectiva do termo contextualização atrelada às perspectivas da abordagem CTS. De acordo com García (1998), Vries (1997) e Arriassec e Greca (2012), a contextualização deve ser inserida nos currículos centrando nas questões acerca do papel da Ciência na Sociedade, para que assim se possa ter uma reorganização no discurso dos estudantes, no qual as ideias deles não se concentrem apenas no conhecimento científico, mas a partir das relações entre Ciência e Sociedade.

Entretanto, essa forma de atrelar diferentes perspectivas, mesmo sendo importante para o contexto educacional pode também resultar em um obstáculo, que seria entender a contextualização apenas como ação metodológica estática, é como se fosse seguir uma “receita de bolo”, na qual no processo de ensino e aprendizagem o docente apenas realiza concatenações na sua metodologia apontando possíveis interlocuções com a interdisciplinaridade, abordagem CTS, entre outras, mas não usa como estratégia para construção de significados, pois os conteúdos ficam vagos e ainda descontextualizados. Nesse pensamento, segundo Gonzáles (2004), apenas inserir a contextualização como algo metodológico, pode resultar na aprendizagem apenas como uma assimilação, e que os estudantes estão em sala, apenas sujeitos a receberem as informações, prontas e acabadas.

De fato, realizar conexões com o cotidiano, interdisciplinaridade e transdisciplinares, abordagem CTS, e etc., não deve ser entendido como uma falha, pois são perspectivas que vem somar a aprendizagem dos estudantes, pois estão abalizadas na tomada de decisão, formação para a cidadania, na constituição de um sujeito crítico acerca dos problemas sociais, ambientais, políticos e econômicos, entre outras. Mas essas conexões necessitam ser expressivamente exploradas, e esclarecidas no processo de ensino e aprendizagem, para que os estudantes compreendam a contextualização como uma prática educativa, política e social, alinhada à Ciência.

Lopes (2004) também argumenta que existe, em alguns momentos, confusões em tratar a contextualização e o conceito de contextos como iguais, mas de todo modo coloca o termo em discussão como algo organizado na ótica de pesquisadores nacionais e internacionais a partir de princípios “eficientistas”, nos quais a vida dos estudantes assume um caráter de produtividade do ponto de vista social, político, econômico e cultural.

As Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) apontam a importância da contextualização na sala de aula, mas esclarecem que o ato de contextualizar não é simplesmente o de trazer explicações simplórias e superficiais do dia a dia, e sim um processo para a construção de sentidos na aprendizagem dos estudantes. Apontando, assim como nos PCNEM, a ideia de uma contextualização sociocultural ou histórico-cultural, em que defendem a necessidade da articulação entre a Ciência e o cotidiano, entre teoria e realidade.

Segundo Wartha, Silva e Bejarano (2013) e Soares e Leite (2021), esse olhar exposto pelas Orientações Educacionais, pode ter influenciado, de alguma forma no discurso de professores, e de livros didáticos tratando cotidiano como sinônimo do termo contextualização, na qual o ato de contextualizar ou explicar o cotidiano seria citar exemplos do estabelecer

relações vagas entre os conceitos científicos e tecnológicos com a vida cotidiana. Nesse sentido, para os autores, tratá-los como sinônimos, por sua vez, é defender que o ensino de fenômenos e transformações que ocorrem no cotidiano, se torne em uma análise limitada e acrítica das situações dos estudantes, e que resulta em negligenciar as visões epistêmicas que poderiam ser exploradas na prática da contextualização como forma de explicar o mundo físico e social em uma ótica problematizadora da realidade dos diferentes sujeitos sociais.

Para Fernandes, Marques e Delizoicov (2016), a perspectiva de articular a Ciência com a realidade foi intensamente defendida por Paulo Freire em sua obra sobre Extensão ou Comunicação (FREIRE, 1977). Para os autores no pensamento freireano, a contextualização é algo indissociável da problematização, nesse sentido, é preciso ensinar a partir de uma maneira dialógica para constituir possibilidades em que todos aprendam, principalmente a partir da compreensão e da transformação da realidade.

A transformação da realidade ocorre quando o professor ajuda o estudante a compreender os conhecimentos científicos, mas sem que ele abandone as ideias sucedidas do cotidiano. Na visão de Paulo Freire, o que é extremamente importante na contextualização é ensinar ao educando formas de problematizar sua realidade, pautando o ensino na dialogicidade dos conhecimentos científicos e fazendo com que os estudantes aprendam, mas não abandonem as ideias, as interpretações que são construídas a partir de suas vivências (FERNANDES; MARQUES; DELIZOICOV, 2016).

Nesse sentido, a perspectiva da contextualização freireana se aproxima muito de umas das questões defendidas pela teoria dos perfis conceituais (MORTIMER, EL-HANI, 2014), quando defende que a aprendizagem de conceitos científicos não se sobressai em relação aos conceitos advindos do cotidiano, mas ambos convivem no discurso dos indivíduos sem ser necessário o abandono das concepções prévias pelas ideias da Ciência.

Nessa direção, Wharta e Alário (2005) apontam que a contextualização traz contribuições no processo de aprendizagem, tendo em vista que esse processo admite incorporar vivências concretas e diversificadas, pois instiga o olhar crítico sobre o cotidiano dos estudantes. De tal modo, para os autores, contextualizar é construir significados, e atrelar valores que constroem o entendimento de problemáticas do entorno social e cultural considerando a importância da Ciência e dos conhecimentos científicos.

Outro documento de grande importância que também colaborou para a discussão da contextualização e sua inserção no ensino, foi as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB) (BRASIL, 2013), em que apresenta as possibilidades da contextualização ser trabalhada junto à interdisciplinaridade. De acordo com as DCNEB, a interdisciplinaridade e a

contextualização devem ser constantes para que se estabeleça uma interlocução entre os diferentes campos do conhecimento e a transversalidade dos conhecimentos, apresentando, assim, os conteúdos a partir de temas concretos da realidade dos estudantes.

Portanto, percebemos que a contextualização não se limita a ilustração de exemplos, mas serve como conhecimento epistemológico para a estruturação dos conhecimentos escolares, bem como não se enquadra como uma simples metodologia, uma vez que suas contribuições vão além da sistemática metodológica, pois propõe que o conhecimento dos estudantes se estabeleça a partir de suas experiências, significando as ideias sucedidas da Ciência e da Tecnologia e assegurando, assim, uma aprendizagem epistêmica relevante e socialmente significativa.

Essa mesma ideia também é defendida na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na qual o termo contextualização é tratado como “a inclusão, a valorização das diferenças e o atendimento à pluralidade e à diversidade cultural resgatando e respeitando as várias manifestações de cada comunidade” (BRASIL, 2018, p. 11) e ainda salienta que contextualizar os conteúdos é uma forma de “apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas” (Id., p. 16).

O documento também aponta a contextualização como uma prática da linguagem que se constitui em textos, na semiótica e no discurso, como forma de dar significação do conhecimento escolar a partir das práticas que derivam de situações da vida social, ao mesmo tempo que necessitam ser situadas nas experiências dos estudantes (BRASIL, 2018). É importante salientar que, apesar de algumas defesas importantes a contextualização, a BNCC apresenta muitas fragilidades acerca de explorar no documento como as escolas poderão incorporar com maior profundidade o ato de contextualizar no currículo como uma prática a ser vivenciada por professores e estudantes, e por isso, muitas das contribuições da DCNEB precisam serem somadas a BNCC.

Diante disso, algumas das contribuições da BNCC e DCNEB apresentam também algumas aproximações das ideias de Bernstein (1996, 1998, 1999) sobre a recontextualização como forma de transferência de um contexto a outro. Na qual a contextualização é produzida a partir de um discurso pedagógico considerando os princípios do atendimento à pluralidade e à diversidade cultural, da Ciência e suas relações com a sociedade para que no contexto escolar não ocorra apenas a transmissão e o acúmulo de informações, mas sim o educar para a vida.

Quando se observa as contribuições de Bernstein (1999) para a inserção da contextualização no currículo, podemos tecer uma relação com o discurso vertical e horizontal;

o vertical diz respeito a exposição de conteúdos de forma coerente, explícita e sistemática, e o horizontal considera o conhecimento do senso comum e cotidiano, e que esse tipo de discurso está relacionado não simplesmente para integrar seus significados, mas pelas afinidades funcionais com a vida real dos indivíduos.

Então, a partir do discurso horizontal se pode perceber o ato de contextualizar considerando o cotidiano, os conhecimentos do senso comum, que é exposto na BNCC como diversidade cultural, na qual coloca como relevante entender as implicações de conhecimentos que são locais, e que Bernstein chama de estratégias locais, organizada de forma segmentada e que têm uma grande dependência do contexto que são implicadas. Já no que concerne ao discurso vertical, a contextualização é alinhada a uma estrutura coerente, e colocada de forma explícita como prática para aprendizagem, e em alguns processos incorporam alguns princípios sistemáticos, isto é, relaciona os conteúdos a partir de uma integração de significados que podem estar relacionados para uma significação do conhecimento escolar, a partir da Ciência.

Diante disso, podemos também verificar que tais visões de discursos, estão alinhadas a perspectiva da teoria dos perfis conceituais, pois existe uma forte preocupação de valorizar os conhecimentos do cotidiano, do senso comum, que estão implicados a contextos específicos, o que Bernstein destaca que não apenas fazer a integração dos significados, mas também compreender a relações funcionais na vida de cada pessoa. Assim como ao discurso científico, compreendendo a importância de seu uso para explicar os conceitos científicos, e que também podem auxiliar no ato de significar os conhecimentos advindos da Ciência e relacionados a Ciência escolar.

Assim, nos últimos anos, diferentes estudos no ensino de Ciências (GARCÍA, 1998, GONZÁLES, 2004, MACEDO; SILVA, 2014, FERNANDES; MARQUES; DELIZOICOV, 2016, LEITE; SOARES, 2021) buscam variadas formas de fazer com que o conhecimento ensinado em sala de aula adquira significados na aprendizagem dos estudantes. Para tanto, é necessário fazermos com que professores e educandos, além de problematizar e fazer relações dos diversos conhecimentos aprendidos com fenômenos e transformações que acontecem no cotidiano, e isso significa entender a realidade social, devemos tratar a contextualização como uma prática reflexiva na qual prima para uma formação cidadã em que o conhecimento deve ser expresso pragmaticamente como um ato político, cultural e científico.

Dessa maneira, pensar a contextualização é algo complexo, tendo em vista que diferentes perspectivas são atreladas ao termo, apontando seu caráter plural, entretanto, nosso objetivo aqui não exaurir a literatura acerca desse tema, e sim discutir sua importância para o ensino de Química, especificamente atrelado aos contextos e a teoria dos perfis conceituais.

Ao pensarmos na contextualização e no cotidiano e as formas de como utilizá-los nas escolas, necessitamos construir argumentos epistemológicos em relação à natureza do conhecimento escolar e percebermos as principais correspondências que existem entre o que os estudantes vivem, pensam e interpretam, com o que é ensinado a eles, para que assim os discentes entendam o conhecimento científico como algo que está pautado com suas vidas e contextos socioculturais. E que possa além desses, entender a contextualização a partir das contribuições da Ciência para o patrimônio cultural da humanidade, conforme também defendido por Gutiérrez-Julián, Gómez-Crespo e Martín-Díaz (2002).

Segundo Gonzáles (2004), podemos estabelecer três perspectivas de contextualização, a primeira seria a contextualização histórica, na qual buscar pautar as ideias que emergem em teorias, explicitando o surgimento e as razões quem abalizam determinadas ideias teóricas. Além disso, essa primeira perspectiva, se dedica a compreender as relações do contexto histórico considerando os estudos de filósofos, pensadores e cientistas e as problemáticas investigadas em diferentes ciclos históricos.

A contextualização histórica, tem um papel muito importante, que é mostrar como o conhecimento se construiu a partir das contribuições de diferentes pessoas, o que aponta que o pensar sobre Ciência, é também pensar nas pessoas que a ajudaram a construí-la, e, portanto, é mostrar a Ciência como uma conquista humana, e para isso é necessário não exibi-la descontextualizada, sem apresentar o contexto que os novos conhecimentos científicos foram construídos e estão em contínuo desenvolvimento.

A segunda perspectiva, de acordo com Gonzáles (2004), é nominada de contextualização metodológica, e diz respeito as reflexões acerca das influências que os conteúdos, conceitos e temas científicos passam pela diversidade de áreas de conhecimentos. Para o autor, as diferentes áreas do conhecimento humano, podem influenciar diretamente com a forma de explicarmos determinados conceitos, mesmo considerando uma ótica antropológica, biológica, química, filosófica, dentre outras, elas podem expor os conteúdos como objetos acabados, mesmo sendo explicados por diferentes áreas da Ciência. Desse modo, colocam os conceitos, conteúdos e temas científicos como conhecimentos verdadeiros e absolutos que não estão sujeitos a reflexão, e que no processo de ensino e aprendizagem funcionam com algo já pré-fabricado para os discentes, em que não existe uma reflexão crítica, assim, o ato de aprender é apenas mecânico e dogmático.

Essa segunda perspectiva de contextualização, está atrelada ao modelo assimilação-recepção, na qual o estudante é um mero receptor e reproduzidor de ideias, e que não tem capacidade de refletir criticamente sobre o que está sendo ensinado. Para Gonzáles (2004), o

estudante é visto como consumidor da Ciência, e que o conhecimento contextualizado é único, verdadeiro e não passível de ser modificado. E além do mais, esse tipo de prática é densamente mantida no ensino de Física e Química, sobretudo, quando o professor buscar utilizar da experimentação como forma de contextualização, em que não se busca tecer interlocuções e reflexões sobre o que está sendo debatido, apenas, ocorre a reprodução da prática experimental, e em casos específicos, busca-se com que os educandos façam a pesquisa, como via de assimilação, mas sem problematizar e entender todo o processo e aplicações (Id.)

Considerando a contextualização metodológica, ela apresenta algumas relações com algumas ideias expostas por Bernstein (1998), quando aponta na teoria do dispositivo pedagógico, que são muitos os modelos que não estabelecidos nos currículos, e que nas disciplinas, ou campos de conhecimentos são pedagogizados. Fazendo um paralelo a isso, e resgatando também as visões que também foram expostas pelos documentos PCNEM, DCNEB, a contextualização nos currículos, e também no discurso de professores (SANTOS; MORTIMER, 1999), o termo é implantado como ato de pedagogização, e não de problematização, isto é, são expressos no currículo, mas a nível de exemplificação nos documentos, e não chega de fato a sala de aula.

Tal fato são ratificados por Wartha, Silva e Bejarano (2013) e Soares e Leite (2021), pois nesta visão de pedagogização, a contextualização é alinhada à interdisciplinaridade, a abordagem CTS, ao cotidiano, entre outras, mas quando discutida em sala de aula fica restrita, em determinados casos, a exemplificações do dia a dia, e não conjecturam uma aprendizagem epistêmica dos estudantes, ou seja, a aprendizagem conceitual não tem real significado para os estudantes, e assim, não compreendem a contextualização como uma prática que abrange a Ciência na formação cidadã numa ótica social, política e cultural.

E a terceira, a contextualização socioambiental, que objetiva tecer discussões considerando características dos modos de ver e utilizar o conhecimento científico com as formas de compreender e interagir com o mundo. Essa última, está intensamente atrelada a forma que refletirmos sobre o cotidiano, realidade social e formação para a cidadania.

De acordo com Gonzáles (2004), é uma forma de apontar a utilidade da Ciência, e como os indivíduos devem usá-la para entender, explicar e interatuar com o mundo que fazem parte. Essa perspectiva de contextualização a coloca como uma prática reflexiva que valoriza a Ciência, em uma visão político, cultural e social de realidades específicas, e entra em contraposição com a visão dogmática e descontextualizada da Ciência que a concebe como algo puramente abstrato e sem relação com a realidade.

Assim, essa perspectiva da contextualização socioambiental comunga com as ideias de Hodson (1996) quando sugere que o ensino de Ciências, não apenas ensinem focando nos conceitos científicos, mas que os nossos estudantes compreendam a importância de aprender Ciência, quando compreendem sobre Ciência e acerca do fazer Ciência. Por conta disso, Gonzáles (2004), ratifica a importância da contextualização atrelada a diferentes problemáticas, pois possibilita com que ela consiga explorar de forma adequada os momentos históricos, do ponto de vista metodológico e socioambiental.

Perante essa discussão, acreditamos na importância da contextualização no ensino como uma forma de ajudar no processo de conceituação. Nesse sentido, torna-se interessante sempre discutir a contextualização alinhada à teoria dos perfis conceituais, pois um dos focos dessa teoria é melhorar o processo de construção de significados, desse modo, o ato de contextualizar pode melhorar cada vez mais o entendimento de estudantes acerca dos distintos modos de pensar e falar um dado conceito. E isso se torna possível pois a contextualização possibilita a incorporação das diferentes ideias a partir do uso de múltiplos contextos, fazendo com que os sujeitos não fiquem restritos a refletir apenas sobre o contexto acadêmico, mas sim que levam ideias para as suas vivências.

Diniz Júnior, Amaral e Silva (2015) realizaram um estudo buscando entender algumas relações entre contexto, modos de pensar e formas de falar o conceito de substância e verificaram a grande necessidade sobre o uso da contextualização em sala de aula, uma vez que para os autores contextualizar além de permitir aproximar o conhecimento científico do mundo real, consegue envolver a articulação de diferentes formas de ver e explicar, fatos, fenômenos e processos numa ótica científica e social.

Essas ideias, se somam com a ideia de recontextualização assumida por Bernstein (1998), que também vem contribuir com a teoria dos perfis conceituais, pois o autor aponta que, quando ensinar conteúdos, é necessário pensar nas relações de poder, como algo pertinente no ato de contextualizar. Nesse sentido, assinala-se uma perspectiva de contextualização crítica, em que não devemos apenas discutir e buscar a assimilação conceitual dos estudantes ou limitar-se ao cotidiano, mas buscar promover uma formação abalizada na reflexão crítica, pensando na contribuição da Ciência, para o desenvolvimento social, na contextualização como uma prática epistêmica que contribuí na conscientização dos indivíduos.

E essa consciência significa compreender a pluralidade social e cultural, e ao mesmo tempo ter ciência das relações de poder que existem nelas, que infelizmente impregnam a Ciência, o âmbito escolar e os contextos sociais. Nesse sentido, conforme também defendido por Leite e Soares (2021), contextualizar significa promover uma consciência crítica e política

da realidade social no discurso dos indivíduos a partir de uma compreensão da produção e apropriação dos conhecimentos advindo da Ciência, que são discutidos numa ótica tecnológica e científica atrelados a uma valorização de capital sobre a condição humana e ambiental.

Assim sendo, compreendemos que a contextualização crítica pode permitir que as pessoas compreendam a natureza das Ciências e reflitam acerca dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e, dessa maneira, desenvolver a reflexão e a organização de práticas que favorecem a construção conceitual pelos estudantes de modo mais desafiador e contextualizado. Por isso, acreditamos na importância desse tema no ensino de Química, bem como na sua relevância para a teoria dos perfis conceituais e o entrelaçamento ao uso de contextos para ajudar a compreender os diferentes modos de pensar e formas de falas os perfis conceituais. A seguir, apresentamos algumas questões das relações de contexto com a teoria dos perfis conceituais.

3.2 Contexto e a teoria dos perfis conceituais

De acordo com a teoria dos perfis conceituais, os modos de pensar e formas de falar um dado conceito são estruturados a partir de diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, conforme já aludido em outros momentos do escopo deste texto, e que cada zona tem relações com diferentes contextos. Diante disso, cada zona apresenta um valor pragmático em seus contextos de uso, Mortimer et al. (2014b) esse valor existe a partir da relação entre um modo de pensar e o contexto de aplicação a ele associado.

Para El-Hani e Pihlström (2002) o nosso conhecimento se organiza com o tempo por influência direta dos conceitos que utilizamos cotidianamente para delinear e explicar o mundo. Nesse sentido, o conhecimento é simultaneamente esclarecedor e limitante, já que não consegue explicitar todas as características do mundo. E isso, segundo El-Hani, Silva-Filho e Mortimer (2014), estabelece o entendimento da dupla natureza do conhecimento, isto é, ao mesmo tempo em que cria possibilidades, também cria limites para nossa compreensão, mas nos permite perceber que existem relações dos conceitos que empregamos dentro e fora da escola, e o entendimento destes em termos de sua utilidade. Nesse sentido, o uso do modo de pensar e o contexto, ganham uma dimensão consistente a partir da aplicabilidade prática em algum sentido utilitário.

Pensando no âmbito escolar, de acordo com Dewey (2003), o conhecimento que é articulado e produzido em sala de aula deve ir além do contexto científico, isto é, deve se buscar relação de seus sentidos e significados com questões do dia a dia dos sujeitos, para que assim

se possa estabelecer caminhos para os estudantes e professores darem sentidos aos múltiplos conceitos construídos no ambiente escolar.

Mortimer, Scott e El-Hani (2009), guiados pelas ideias do pragmatismo de Dewey, dizem que os conceitos detêm um papel primordial nas atividades cognitivas, permitindo reflexões sobre conhecimento e realidade. Assim, estas reflexões nos permitem entender que as ideias empregadas pelos indivíduos se aplicam no mundo real a partir de sua utilidade, e a ideia de mundo real diz respeito aos distintos contextos que cercam os indivíduos em sociedade.

Segundo Diniz Júnior, Amaral e Silva (2015), expressamos nossas ideias, muitas vezes orientadas por situações ou contextos que se evidenciam em ocasiões diversas, ou seja, de maneira pragmática, dentro e fora do ambiente escolar. Para os autores, no processo de ensino e aprendizagem se torna relevante fazer uso adequado de situações que evocam diferentes contextos, de forma a promover discussões amplas e enriquecer modos de pensar dos estudantes sobre os conceitos científicos.

Quando pensamos em uso adequado do contexto, logo torna-se necessário definir o que é contexto e por que o entendemos como de grande importância para o processo de ensino. De acordo com Gilbert (2006), Jong (2008), Rodrigues (2009), Vos (2014), o termo contexto vem sendo introduzido nas últimas décadas no ensino de Ciências, e é compreendido de diversas formas, entretanto, neste estudo buscaremos aproximar nossa discussão a definições alinhadas ao ensino de Ciências.

Inicialmente, destaca-se que segundo o dicionário Houaiss (2001, p. 817-818) a partir do século XVIII, em torno de 1702, o termo contexto passa a ser utilizado, e assim apresenta uma origem latina (“*contextus*”), alinhado ao verbo “entrelaçar” (“*contexere*”) ou “reunir tecendo”, derivado de “tecer” (“*texere*”). Assim, conforme aponta Gilbert (2006) e Vos (2014), contexto significa tecer juntos, o que implica compreender que uso de contexto é entender a existência de uma espécie de interação entre o contexto e o que o cerca, isto é, esse termo é uma inter-relação de fatos que podem ajudar na compreensão de um sentido ou significado de um conceito.

Segundo Figueiredo e Afonso (2005), o contexto no que concerne ao ato de aprender foi influenciado a partir da ótica de dois grandes paradigmas, quais sejam, positivismo e construtivismo. No paradigma positivista, de acordo com os autores, podemos apontar dois olhares para o contexto, um a partir de uma questão ontológica, em que o contexto é explicado a partir do realismo, na qual a forma de utilizar o contexto é a partir de uma oposição à subjetividade e ao individualismo. Assim, o contexto é uma espécie de interpretação da

realidade, que valoriza a objetividade e a impessoalidade como forma de explicar aquilo que é real.

Já para Figueiredo e Afonso (2005), o segundo olhar para o contexto dentro de um paradigma positivista, é a partir de uma questão epistemológica, em que o contexto fica entrelaçado a uma perspectiva determinística em que os acontecimentos da vida das pessoas, quando explicitado é entendido como um acontecimento explicado por relações de causalidade. Os autores também expressam que o contexto a partir do paradigma construtivista apresenta duas questões, a primeira questão seria também ontológica, a partir da uma ótica fenomenológica, na qual o uso do contexto se estabelece a partir das experiências subjetivas, que as pessoas ao longo de suas vivências criam consciência acerca de determinados fatos, conceitos e informações.

Nesse sentido, a compreensão do contexto se constitui pela relação do homem com o mundo a partir da valorização das trocas de experiências e as interações para significação de conceitos, fatos e etc. Assim, a ótica fenomenológica adotada por Figueiredo e Afonso (2005), o contexto é uma forma de explicar como o conhecimento do mundo acontece a partir das interações.

A segunda questão do paradigma construtivista apresentada por Figueiredo e Afonso (2005), seria a epistemológica, na qual a visão de contexto seria alinhada a uma perspectiva teleológica. Assim, o contexto seria uma forma de explicar o propósito das coisas, neste caso sugere-se o contexto como um sistema complexo, conectado a vários acontecimentos, fenômenos e tudo isso seria utilizado para entender as coisas a partir de várias formas de explicação.

Outras visões que envolvem o termo contexto, segundo Gilbert (2006), envolvem a função do contexto no ensino como forma de promover circunstâncias que possam dar sentidos coerentes a um conjunto de situações dentro de ponto de vista mais amplo, mas sempre considerando a estreita relação entre contextos e conceitos no âmbito do processo de ensino e aprendizagem de conceito científicos e tecnológicos. E essa característica, de acordo com Bennett, Lubben e Hogarth (2007), surge inicialmente a partir do uso da abordagem Ciência-Tecnologia e Sociedade nas salas de aulas de Ciências, isso considerando uma visão do currículo escolar ocidental, em que o contexto é utilizado como ponto de partida para o desenvolvimento de ideias científicas.

Nesse sentido, o contexto no ensino de Química visa melhorar o interesse dos estudantes, as atitudes e motivações deles, para que assim, a aprendizagem dos variados conceitos químicos seja relevante e significativa. Todavia, essa relevância é fazer com que os

educandos consigam perceber que aprender sobre Química, significa aprender sobre diferentes formas de explicar seu entorno social, compreendendo os diferentes modos de pensar e formas de falar que entrelaçam os conceitos e os contextos de aplicação.

De acordo com Jong (2008), o contexto pode utilizado e descrito a partir de quatro domínios distintos: domínio pessoal; domínio social e da sociedade; domínio da prática profissional; e domínio científico tecnológico. Vale ressaltar que o domínio é a forma com que os indivíduos expõem suas inferências, e está relacionada ao modo com que a informação é discutida e apresentada.

Em relação ao domínio pessoal, este diz respeito as conexões que são realizadas entre a Química e a vida pessoal de professores e estudantes, este é usado nas escolas como forma de contribuir o desenvolvimento pessoal dos alunos, considerando as variadas questões ~~que~~ da vida cotidiana que podem ser elencadas em sala de aula.

Assim, a importância do domínio pessoal, é estabelecer uma consciência sobre o contexto e a vida particular de cada indivíduo. Nesse sentido os conceitos estudados em sala de aula, serão relacionados a contextos que os farão a pensar em melhorias para suas vidas, por meio de relações entre contexto e cuidados da saúde pessoal, efeitos tóxicos de substâncias através de medicamentos, efeitos nocivos de drogas, entre outros.

Já o domínio social e da sociedade, de acordo com Jong (2008), o contexto é utilizado como forma de contribuir na formação cidadã. Para o autor, esse domínio, é bastante relevante e intensamente explorado no âmbito escolar, pois é uma forma de preparar os estudantes para suas funções sociais e responsabilidade com a sociedade. Para Vos (2014), esse domínio é bastante importante, pois ajuda elucidar o papel da Química e suas múltiplas contribuições para o desenvolvimento social.

Assim, esse domínio, é forma de tecer concatenações entre a realidade dos educandos e docentes, mas não deve ficar limitado a ilustrações do cotidiano, e sim, fazer com que os problemas da vida dos educandos sejam refletidos em uma ótica social, na qual os indivíduos reverberem acerca de seus papéis em suas comunidades, como por exemplo, refletir sobre as reações químicas que ocorrem no solo da caatinga e na atmosfera após a realização de queimadas para plantações, e também por conta de carvoarias; reações ácido-base que provocam chuva ácida; reações que são usadas na produção de agrotóxicos e conseqüente pensar sobre os efeitos nocivos na contaminação de lençóis freáticos.

Essa visão do domínio social, está presente no currículo brasileiro, uma vez que nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999), Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006) e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2013), o

contexto e a contextualização são bases para inserir um currículo a partir da ótica sociocultural. Desse modo, nos documentos acima mencionados o contexto aparece a partir das relações de vivência dos indivíduos, entretanto, contexto e cotidiano aparecem como se fossem iguais, e os colocam como maneiras de melhorar a aprendizagem dos estudantes, a partir da escolha de conceitos que se aproximam do universo vivencial dos estudantes.

Lopes (2002), ratifica essa observação, quando expressa que em algumas partes desses documentos o termo contexto é simplesmente relacionado ao cotidiano ao pensar em contextualizar alguns conteúdos trabalhados na educação básica, e por isso, o termo contexto aparece semelhantemente a contextualização e interdisciplinaridade, mas apenas a título de exemplificação. Tal fato também é intuído no estudo de Kato (2007), que percebe a busca por definir a contextualização, mas o termo contexto se detém a espaços físicos ou algo relacionado a exemplificação de algo do cotidiano.

Em relação ao domínio da prática profissional, o contexto deve ser utilizado como forma de elucidar informações que estão atreladas a prática de diferentes profissões. Segundo Jong (2008, 2015), a escola deve preparar os estudantes não apenas considerando a aprendizagem de conceitos químicos, mas também formar futuros profissionais que irão atuar em diferentes áreas profissionais da sociedade.

Jong (2008), também exemplifica que esse domínio é uma forma de apresentar aos estudantes diferentes práticas que são úteis, e cita a prática de engenheiros químicos na produção de polímeros, práticas de Química Analítica relacionada a análise de água. Quando pensamos na formação de professores de Química, acreditamos que o uso desse domínio tem a potencialidade de esclarecer para a sociedade a importância dos educadores químicos, as possibilidades de atuação profissional. Jong (2015), elucidada que esse tipo de formação é importante, tendo em vista que a Química na educação escolar é vista como negativa, não motiva intrinsecamente os estudantes, e isso limita ou anula o desejo de querer atuar nessa área profissionalmente.

Por fim, sobre o domínio científico tecnológico, o contexto é utilizado para promover a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes. Assim, para Jong (2008), nesse domínio a escola tem um papel primordial na formação dos educandos, que é trazer reflexões sobre vários problemas da sociedade utilizando de contextos para elucidar e fazer relações com questões científicas, históricas da Ciência, e tecnológicas. E além disso, podem ajudar os estudantes a refletirem acerca de diferentes situações não necessariamente apresentam abrangência social ampla, mas que fazem parte da vida cotidiana ou social dos estudantes.

Segundo Jong (2008) e Vos (2014), a discussão de um domínio desse tipo, é uma forma de promover uma formação significativa na educação dos estudantes, uma vez que, o uso do contexto abocado ao domínio científico tecnológico pode ajudar os discentes a perceberem a importância da pesquisa científica, as mudanças de paradigmas que emergem na sociedade, principalmente considerando as reflexões sobre os significados de modelos e teorias que estão arrolados do desenvolvimento da Química, enquanto ciência.

Esse tipo de domínio é de grande relevância também para ajudar os estudantes a entenderem diferentes desdobramentos históricos na elaboração de modelos e teorias da Química. Por exemplo, para entender o modelo de reação química considerando a teoria do flogisto proposta para explicar a reação de combustão, as contribuições de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis para entendermos as reações ácido-base, a influência dos estudos de Bertholet, sobre a reversibilidade das reações químicas, entre outros. E por isso, na BNCC é ratificado as “aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais [...] (BRASIL, 2018, p. 539).

Assim, observamos que esses domínios podem ser importantes para investigar relações entre contextos e conceitos na formação dos estudantes. No entanto, esses domínios não devem ser compreendidos e utilizados de forma individualizada, pois estão inter-relacionados e determinados contextos podem estar alinhados a mais de um domínio, como citado por Jong (2008, p. 03), “o contexto de consumo de alimentos pode vir do domínio pessoal, bem como do domínio social e da sociedade”.

De acordo com Gilbert (2006), o uso do contexto é uma forma de denotar a aplicação de conceitos, além de permitir explorar diferentes aplicações, ilustrações e significados quando inserido em um currículo, pois pode utilizar de eventos da vida cotidiana pessoal, de práticas sociais e culturais dos estudantes, da vida profissional para dar significados aos conceitos químicos, buscando amenizar maximamente as abstrações, para que os educandos consigam ter uma aprendizagem cada vez mais efetiva. E em consonância a tais reflexões, aponta que o uso do termo contexto no ensino de Química, pode ser caracterizado por meio de quatro modelos, quais sejam: Contexto como aplicação direta de conceitos; contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações; contexto fornecido pela atividade mental pessoal; e contexto como circunstância social.

O primeiro modelo como aplicação direta de modelos, ele é apresentado apenas como um exemplo de um determinado conceito abstrato, sem nenhuma articulação mais aprofundada da aprendizagem conceitual dos estudantes. Segundo Gilbert (2006), esse modelo é muito

incorporado no currículo escolar, na qual o contexto incorpora um valor decorativo, isto é, o contexto fica restrito a ilustrações, bem como são apresentando como possibilidade dos educandos aplicarem seus conhecimentos, mas pela falta de problematização pode levar os estudantes a alterarem o significado conceitual, gerando confusões na aprendizagem deles.

Lopes (2002), Wartha, Silva e Bejarano (2013) e Soares e Leite (2021), também salientam que esse tipo forma de expor o contexto é recorrente no currículo brasileiro, principalmente quando os professores tentam contextualizar em sala de aula, assinalam o contexto a posterior exposição de um conceito, mas sem ser problematizado ou compreendido por partes dos estudantes. E essa falta de compreensão, é o que resulta, em muitos casos da falta de valorização da Química na educação básica, pois o discente é prejudicado por conta de um modelo adotado no chão da escola.

Jong (2008, 2015) também confirma que esse tipo de manifestação de contexto ocorre em diferentes realidades educacionais e está diretamente conectado a abordagem de ensino tradicional. Para o autor, em diferentes casos da prática docente os contextos apenas servem para acompanhar um conceito e estão limitados a aplicações vazias e ilustrações pouco aprofundadas. É como se fosse ensinar sobre o conceito de reação química, e apenas ilustrar a equação química e identificar os reagentes e produtos, e não explicar de forma detalhada suas aplicações, relações estequiométricas, valorização social, e etc.

Para Gilbert (2006), esse modelo de contexto se alinha a uma aprendizagem abstrata, na busca simplória de dar sentido a um conceito depois de aprendido, mas apresenta uma limitação, pois os discentes não refletem acerca de uma estrutura social, espacial e temporal; praticamente não existe uma aprendizagem; não se cultiva a linguagem Química conceitual, e o conhecimento prévio dos estudantes são pouco explorados.

O segundo modelo, foi nominado de contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações, neste o contexto é utilizado como veículo para relacionar um conceito a diferentes aplicações, isto é, tem a função de estabelecer um justaposicionamento de conceito e aplicação na estrutura cognitiva dos estudantes (GILBERT, 2006). É interessante destacar que as aplicações não são empregadas a título de exemplificação, mas têm a capacidade de influenciar no significado que o conceito apresenta.

Para Gilbert (2006, p. 967), nesse modelo de contexto, vários subgrupos de contexto químico podem ser apontados, como por exemplo, “o contexto do conhecimento químico de um bioquímico; o contexto do conhecimento químico de um tecnólogo químico; o contexto de questões éticas sociocientíficas”. Por isso, esse modelo, pode ser relacionado com o estudo de Jong (2008), quando aponta que em modelos de ensino mais modernos o contexto precede o

conceito, e tem a função de motivar e orientar a aprendizagem dos estudantes. É como se fossemos ensinar sobre reação de combustão, e utilizássemos o contexto de poluição ambiental ocasionado pela queima da gasolina de veículos automotores, assim, se pode explorar o conceito de reação química, as características químicas referentes a gasolina, conhecimento de química orgânica e etc. Assim, é utilizar o contexto como ponto de partida para promover a aprendizagem conceitual dos estudantes, e motivá-los a aprenderem e buscarem novos conceitos (JONG, 2008).

Sendo assim, esse modelo, de acordo com Gilbert (2006), permite uma aprendizagem de conceitos químicos baseada na abordagem mais aprofundada do contexto, que pode ser vinculada a motivações e comportamentos, levando os estudantes a tecerem relações sobre o que está sendo aprendido. Entretanto, ainda não conseguem refletir sobre o ambiente social, espacial ou temporal, pois nesse modelo o professor ainda não aborda de forma precisa atributos socialmente aceitos de contextos que podem ser reconhecidos pelos estudantes.

Sobre o terceiro modelo, contexto fornecido pela atividade mental pessoal, os contextos são fornecidos quando conceitos científicos estão ligados a narrativas por atividade mental pessoal (GILBERT, 2006). Nesse modelo, o contexto utilizado requer que os estudantes tenham um certo conhecimento prévio, e leva em consideração a aprendizagem individual do estudante a partir do contexto, isto é, todas as discussões ocorrem de forma intrapessoal e a relevância do contexto pode não ser reconhecida. Um exemplo desse modelo seria a emergência de contextos feita a partir de livros, cursos e etc.

Gilbert (2006), cita que esse tipo de modelo, pode apresentar pontos positivos na aprendizagem dos estudantes, principalmente considerando a importância do livro didático para uma apropriação da linguagem química, e pode trazer informações que podem estar atreladas com o conhecimento prévio do discente. Porém, uma narrativa histórica sobre determinados eventos químicos só terá uma contribuição na aprendizagem do estudante se ele perceber o valor dela, e além disso, praticamente não é explorada uma dimensão social a partir de interações e contacto direto de estudante e professor.

Por fim, o quarto modelo foi nominado de contexto como circunstâncias sociais. Nesse modelo o contexto é situado como uma entidade cultural na sociedade, e é relacionado a questões e atividades que são importantes para a vida das pessoas (GILBERT, 2006). Nesse modelo, segundo Gilbert (2006), a aprendizagem ocorre nas interações entre aluno e professor, os quais refletem juntos sobre as questões que envolvem a realidade em que vivem.

Um exemplo mencionado por Gilbert (2006 p. 970) é que um contexto pode ser, por exemplo, “o desenvolvimento tecnológico baseado na modificação genética, a investigação

científica que tem lugar nesse campo, e o debate sobre as implicações sociais da tecnologia subsequente”. Nesse sentido, é pensar no contexto considerando as implicações tecnológicas, científicas, sociais e culturais, e que tudo isso, deve estar bem claro no processo de ensino e aprendizagem, para que deste modo os estudantes consigam pensar ambiente social, espacial ou temporal, estabelecer uma compreensão da linguagem científicas e suas múltiplas aplicações, bem como o estudante consiga fazer relações com as explicações, com seus conhecimentos prévios e refletir sobre diferentes questões no entorno social, tecnológico e científico.

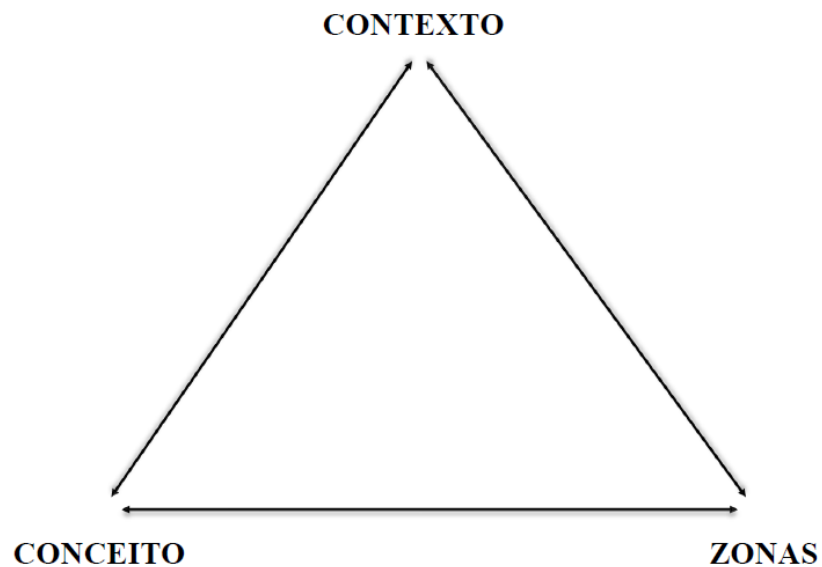
Neste trabalho, buscamos discutir domínios e modelos de contextos no ensino e aprendizagem de conceitos alinhados aos pressupostos da teoria dos perfis conceituais, pois em um perfil conceitual são estruturadas diferentes zonas com distintos modos de pensar e formas de falar, que estão ligados a uma gênese histórica, questões sociais, atividades e concepções prévias dos indivíduos que podem ser associadas a contextos específicos. Assim, a aproximação de zonas a contextos poderá ser mais bem compreendida a partir de uma caracterização de domínios e modelos de contextos nos quais essas zonas emergem nas falas dos sujeitos. Ou seja, a emergência de modos de pensar pode se dá no âmbito de uma ou outra zona, dependendo do contexto (domínio e modelo) que se constrói nas discussões sobre os conceitos, que ocorrem nas aulas.

Considerando o conceito de reações químicas, sabemos que ele é polissêmico, e além disso, se aplica a contextos diversos, e assim, o referido conceito ele pode ser modelado de diferentes ambientes, como na escola, praia, oficina mecânica, fábrica e etc., como também será utilizado a partir de uma atividade específica, a exemplo disso, um laboratorista ao utilizar o conceito poderá direcionar como modelo explicativo a partir de processos experimentais, e um professor, em sala de aula, discutir o conceito considerando a reação química como uma representação, ou ao sensorial em uma demonstração fazendo com que os estudantes aprendam o conceito a partir de diferentes modos de pensar.

Outro ponto importante que destacamos é que segundo Rodrigues (2009), o uso de contextos e modos de pensar é essencial em sala de aula, pois pode ajudar a compreender como os indivíduos organizam seus discursos e práticas sociais, considerando que o contexto e zonas que estão atrelados a uma construção sócio-histórica e cultural. E por considerar como ação social, a ideia de contexto pode ser entendida como algo que é de fora da sala de aula, e que pode inferir em motivações e valores que, de acordo com Rodrigues e Mattos (2007), podem trazer o contexto como algo relacionado a compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Considerando sentidos e significados que podem ser atribuídos aos conceitos pelos sujeitos e suas relações com a cultura, a teoria dos perfis conceituais (MORTIMER; EL-HANI, 2014), guiada pelos estudos de Vigotski (1987), define que tais perfis se estabilizam pautados na experiência. Nesse sentido, os perfis conceituais guardam uma interdependência com os contextos, uma vez que se pauta nas relações do homem com suas experiências, que são influenciadas diretamente pela cultura, ao mesmo tempo em que os modos de pensar e formas de falar são estruturados a partir de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos considerando as relações do homem em sociedade e com a cultura a partir dos domínios socioculturais, ontogenéticos e microgenéticos, conforme já apresentado em capítulos anteriores. E corroborando com essa perspectiva defende-se que existe aproximações entre contextos, conceito e zonas dos perfis conceituais. Conforme, na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Contexto, conceito e zonas de perfis conceituais



Fonte: Própria.

Conforme exposto na Figura 1, e a partir do que já discutimos, podemos perceber as relações entre eles – Contexto, definido por domínios e modelos considerando as contribuições de Gilbert (2006) e Jong (2008). Já o conceito é estimado como construção discursiva com significação processual e dinâmica, e segundo Mortimer et al. (2014a), os conceitos podem ser concebidos como parte de um sistema estruturado de conhecimento, como a Ciência, em que podem ser definidos como estruturas ou entidades linguísticas que ganham significados em textos e linguagens como construções sociais que podem ser internalizadas por cada sujeito. E as Zonas – como representativas de modos de pensar associados a compromissos

epistemológico, que diz respeito ao ato de conhecer cada conceito, ontológico, que concerne a forma de definir o que é um conceito, e axiológico, que expressa os valores afetivos que são próprios dos indivíduos para cada conceito.

Diante disso, o contexto, conceito e zonas de um perfil conceitual, na ótica da teoria dos perfis conceituais, apresentam aproximações significativas uma vez que quando um conceito é expresso pelos indivíduos, podem relacionar a diferentes contextos, que dão significado a representação de uma determinada concepção conceitual, e que ao mesmo tempo podem estar intrinsecamente atrelados a diferentes zonas. Dessa forma, quando o sujeito explica o conceito de reação química, pode associá-lo com um processo de equilíbrio químico com trocas energéticas, que pode estar arrolado a um contexto científico ou social, e possivelmente pode estar relacionado a uma zona do perfil conceitual que compreende a reação química como um modelo, ou a partir de evidências, dentre outras.

Assim sendo, acredita-se que a discussão acerca do entrelaçamento de contextos e perfis conceituais, contribui de forma efetiva para este estudo, uma vez que nos pautamos em propor um perfil conceitual para o conceito de reações químicas a partir de diferentes contextos. Dessa forma, defende-se as aproximações entre contextos e zonas de um perfil conceitual que dão sentidos e significados ao conceito de reações químicas a partir de seu emprego, desde do uso no âmbito científico e escolar, quanto no dia a dia dos indivíduos. Ressaltamos que alguns exemplos dessas relações serão explorados em nossos resultados, para que assim possamos verificar alguns indicativos acerca das relações contextos, conceito e zonas de um perfil conceitual. A seguir, apresentamos o percurso metodológico desta tese.

CAPÍTULO 4

Percurso Metodológico

Neste capítulo apresentamos o percurso metodológico para desenvolvimento de nossa pesquisa. Este trabalho adota o método qualitativo, com uma abordagem metodológica de natureza de interpretativa e descritiva, na qual nos preocupamos com a compreensão dos aspectos da realidade, não se restringindo a quantificações, mas centrando-se no entendimento e explicação das relações sociais (SEVERINO, 2007). Para Severino (2007) e Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2000) a pesquisa qualitativa envolve reflexões pessoais e se dedica em trabalhar com o universo dos significados, buscando compreender as aspirações, atitudes, crenças e valores sem necessitar de uma quantificação e redução a operacionalização de variáveis.

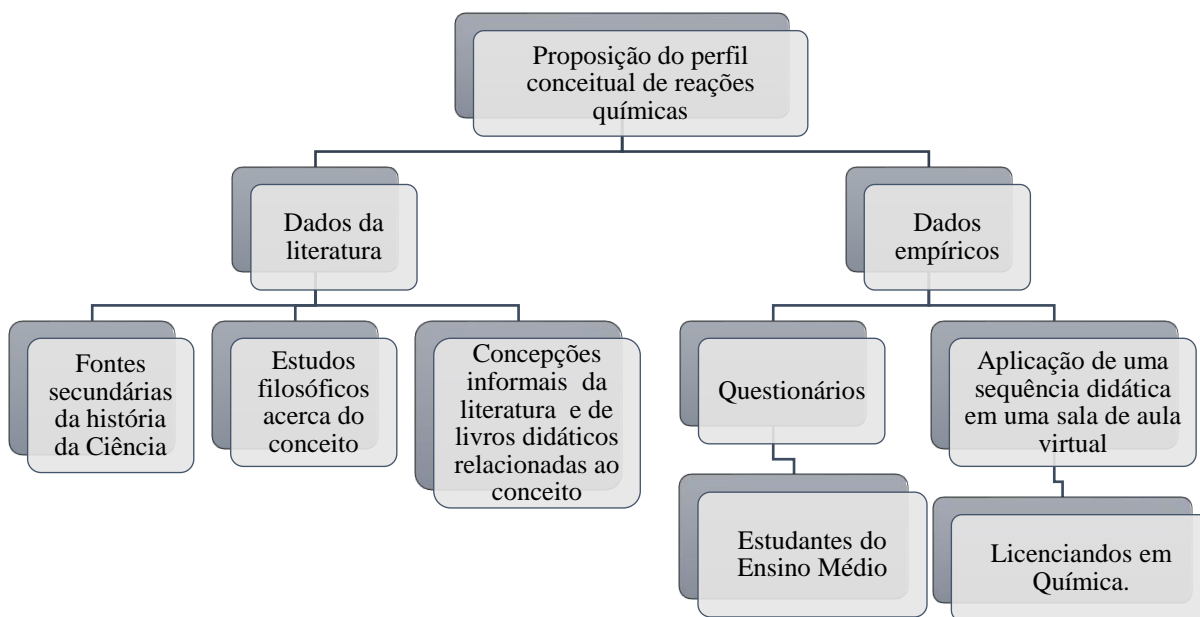
Segundo Triviños (2009), a pesquisa qualitativa é interpretativa, pois busca entender os contextos e as características sociais a partir da construção de inferências acerca das ações e relações dos sujeitos e suas atividades. Dessa maneira, não busca se deter apenas aos resultados e produtos que possam ser gerados pela pesquisa, mas compreender o processo, os resultados e suas implicações sociais e científicas. Além disso, Triviños (2009) expressa que a pesquisa qualitativa interpretativa investiga as características dos fenômenos sociais, quais sejam, atos, atividades, significados, participação, relações e situações que possam envolver ou não o âmbito educacional, mas que se dedica a descrever a realidade. Por isso, o autor aponta que a pesquisa qualitativa é descritiva, quando descreve literalmente os significados do ambiente e das ações dos sujeitos, utilizando-se do cunho subjetivo, mas que prima pelo rigor e qualidade da pesquisa, tornando um estudo com largo encargo científico, coerente, lógico e consistente.

4.1 Levantamentos de dados da pesquisa

Nesta seção apresentamos a sistemática que realizamos para o levantamento de dados teóricos e empíricos, objetivando construir dados para a proposição do perfil conceitual para o conceito de reações químicas.

Assim, na Figura 2, a seguir, ilustramos um fluxograma detalhado das etapas referentes à construção dos dados referente pesquisa.

Figura 2: Síntese do levantamento de dados para a proposição do perfil conceitual de reações químicas



Fonte: Própria.

4.1.1 Construção de dados a partir da literatura

O primeiro passo da pesquisa para a proposição do perfil conceitual de reações químicas, realizamos um estudo em fontes secundárias sobre aspectos históricos do conceito em estudo, bem como em diferentes estudos filosóficos, além do mais consideramos diversas pesquisas relacionadas a análise de concepções informais de estudantes em diferentes níveis de formação acerca do conceito de reações químicas. Neste processo, utilizamos livros, capítulos de livros, artigos publicados em periódicos, trabalhos publicados em anais de eventos em diferentes línguas para que pudéssemos explorar o máximo de informações possíveis, entretanto, sem o objetivo de exaurir todos os dados que estejam disponíveis na literatura.

Nesta fase do estudo buscamos observar os domínios genéticos de Vigotski (WERTSCH, 1988), sendo estes: 1) sociocultural, o qual considera que a construção do conhecimento é produto das relações sociais (produção coletiva) influenciadas pela cultura e época, que está relacionado aos dados advindos dos estudos do conceito a partir de fontes históricas e filosóficas; 2) ontogenético, em que contempla os significados que o indivíduo constrói ao longo de sua vida, que está alinhado aos estudos de concepções informais. A partir desses dados, observamos diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que nos ajudassem na proposição e organização das zonas para perfil conceitual a ser proposto.

Assim, a partir do estudo histórico do conceito de reações químicas (VIDAL, 1986, PARTINGTON, 1989, MIERZECKI, 1991, HUDSON, 1992; BENSUADE-VICENTE; STEGERS, 1992, MAAR, 2008, AMARAL, 2017; ROONEY, 2019), apresentamos uma organização cronológica do desenvolvimento do conceito compreendendo os principais registros históricos dele, especificamente desde da era do fogo até a contemporaneidade. No processo de organização do desenvolvimento histórico do conceito de reações químicas, analisamos as informações que envolviam definições acerca de transformações, transformações químicas, reações químicas a fim de sistematizarmos as principais concepções que emergiram ao longo dos séculos. Vale destacar que esta etapa, segundo Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013) é fundamental para proposição de um perfil conceitual, não obstante não se trata de um estudo historiográfico, apenas prioriza dados de recortes históricos para analisar a polissemia de um conceito olhando para sua historicidade e seus diferentes desdobramentos com o passar dos anos.

Realizamos também um estudo em diferentes fontes filosóficas, quais sejam, Duncan (1970), Trenn (1974), Bowles (1975), Le Grand (1975), Leicester (1975), Bolzan (1976), Teich (1982), King (1984), Grapí e Izquierdo (1997) Van Brakel (1997), Plesch (1999), Duhem (2002), Stein (2004), Shumer (2004), Crosland (2006), Powers (2014), Dufault (2015), buscando compreender o processo de desenvolvimento do conceito de reações químicas, ponderando por algumas implicações da filosofia considerando desde discussões acerca do fogo e as transformações, e a partir das transformações químicas e reações químicas e suas variadas interrelações conceituais.

Com relação ao levantamento de pesquisas que discutem concepções informais, também utilizamos de estudos em diferentes línguas e níveis de escolaridade, mas priorizando trabalhos que envolviam os conceitos de transformações químicas e reações químicas. Nesta etapa, almejamos estruturar um vasto conjunto de informações que atrelavam o conceito em estudo, mesmo compreendendo que não iremos esgotar todas as fontes existentes, mas buscando identificar padrões nas concepções informais de estudantes de diferentes culturas e níveis de ensino, a fim de observarmos aspectos polissêmicos concernentes ao conceito de reações químicas. Vale destacar que analisamos alguns livros didáticos de Química Geral do Ensino Superior buscando também identificar compromissos e aspectos da polissemia do conceito em tela.

Assim sendo, para essa etapa da pesquisa de construção de dados a partir da literatura nos guiamos a partir das discussões de Mortimer et al. (2014a), em que expressam a importância

de estabelecermos um diálogo entre os dados das fontes secundárias da História, fontes filosóficas com os observados nas pesquisas sobre as concepções informais e estudos que envolvem um dado conceito científico. Simões Neto (2016) também salienta que esse diálogo é necessário para deixar bem estruturado as diferentes zonas de um conceito, e neste estudo faremos para o conceito de reações químicas, procurando identificar compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos para propormos modos de pensar e formas de falar sobre o conceito em estudo.

4.1.2 Construção de dados empíricos

Nesta fase pesquisa, também nos guiamos nos domínios genéticos de Vigotski (WERTSCH, 1988), mas considerando o domínio microgenético, que diz respeito a fenômenos e experiências de cada fenômeno psicológico no “aqui e agora”, que estão relacionados aos dados obtidos por meio de questionários e da sequência didática. Dessa forma, a coleta de dados empíricos ocorreu a partir da aplicação de um questionário com estudantes do Ensino Médio e de uma sequência didática (SD) com licenciandos em Química. Para tanto, levamos em consideração a pré-análise realizada a partir dos dados coletados na literatura, descrita no subtópico anterior. Assim, abordamos aspectos referentes concepções, contextualização e o uso de contextos na aprendizagem de conceitos científicos, e entrelaçando essas perspectivas ao conceito de reações químicas.

4. 2 Sujeitos da pesquisa

Na construção dos dados desta pesquisa, tivemos sujeitos em duas etapas. Na primeira etapa, nossos sujeitos foram 20 estudantes cursando o segundo ano e 12 discentes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Recife- PE, totalizando assim 32 sujeitos. A escolha da escola se deu a partir do convite ao professor responsável, e mediante autorização da coordenação pedagógica e direção escolar, e posterior assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Cf. APÊNDICE A). Vale salientar que a docente das turmas é graduada em Química, e egressa da UFRPE, e seu apoio foi imprescindível nesta etapa, e por isso, aplicamos nas séries supracitadas a partir da abertura e recomendação da docente acima mencionada.

Em nosso trabalho os sujeitos do Ensino Médio foram identificados por siglas, e números, assim foram nominados de EM 1 até EM 32. Salientamos que, de EM 1 a EM 20, são

discentes do segundo ano, e de EM 21 até EM 32, estudantes do terceiro ano, entretanto, em nossa análise de dados não realizamos nenhuma distinção em relação a série de nossos sujeitos.

Os sujeitos da segunda etapa foram estudantes universitários, discentes de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública do Recife. Assim os nossos sujeitos foram 21 licenciandos que estavam cursando uma disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química 1, ofertada em período letivo excepcional, nominado de 2020.3, que ocorreu de forma remota por conta da pandemia da covid 19 (coronavírus SARS-CoV-2).

O critério de escolha dos sujeitos foi por estarem matriculados na disciplina supracitada considerando a autorização prévia da docente responsável pelo componente curricular, todavia, todos foram convidados a participar de livre e espontânea vontade, e poderiam se retirar da pesquisa a qualquer momento. Em nossa análise de dados os licenciandos foram identificados por siglas com letras e números, a partir de LQ1 até LQ21, não havendo distinção de idade.

Por fim, ressaltamos que em toda a nossa pesquisa, buscamos um estreito diálogo com os sujeitos participantes, na qual todos foram informados sobre os objetivos e metodologia. Além do mais, para participação deveria *a priori* assinar o termo de Consentimento de Livre e Esclarecido, na qual elucidamos sobre a participação voluntária, e que poderiam desistir a qualquer momento e retirar o consentimento e que a recusa não traria nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou a Universidade. Também foi evidenciado sobre os riscos, atrelados a possíveis desconforto ou constrangimento no processo de participação do estudo. E por fim, sobre os benefícios, esclarecendo que não haveria despesas ou compensações pessoais para cada um deles. Mas que estávamos nos comprometendo a utilizar os dados coletados somente para fins de pesquisa e que os resultados seriam veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível a identificação deles.

4. 3 Coleta de dados empíricos

Nesta subseção apresentamos as ferramentas de coleta de dados as quais utilizamos para realizar o levantamento de concepções de estudantes do Ensino Médio e de licenciandos em Química por meio da aplicação de questionários e Sequência Didática.

4.3.1 Aplicação de questionário

Segundo Severino (2007) o questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas que devem ser respondidas por escrito pelo informante, sem a presença do pesquisador. Assim, a linguagem utilizada no questionário deve ser simples e direta, para que quem vá responder compreenda com clareza o que está sendo perguntado.

O questionário (Cf. APÊNDICE B) foi aplicado com 32 estudantes e em duas turmas do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Recife com o objetivo de realizar um levantamento de concepções acerca do conceito de reações químicas no intuito de validarmos as zonas que foram estabelecidas para o conceito em tela. O referido questionário foi aplicado no mês de abril de 2021 de forma virtual por meio do Google Formulário, com isso, enviamos o link da referida ferramenta via e-mail, e este foi disponibilizado aos discentes pela professora responsável. Ele foi aplicado durante uma aula de 50 minutos para cada turma, sendo uma do 3º ano do Ensino Médio e outra do 2º ano do Ensino Médio, no horário das aulas da docente, na qual os discentes não poderiam fazer consulta, isso foi solicitado pela docente de Química da escola campo de pesquisa, e acordado antes da aplicação.

O questionário supracitado continha sete perguntas abertas sobre os seguintes pontos: Entendimento sobre transformações químicas e reações químicas; Exemplificações sobre reações químicas; Reflexões sobre reações químicas sobre pilhas, acidez estomacal, oxidação em diferentes materiais, conservação de alimentos e liberação de gases.

Vale ressaltar que escolhemos essa ferramenta, por meio de três fatores, permitia levantar concepções dos estudantes das turmas selecionadas, tornou-se viável mediante o contexto pandêmico e de isolamento social, e por fim, de acordo com Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013), o uso de questionários é importante na coleta de dados acerca da verificação de diferentes formas de pensar para a proposição de um perfil, uma vez que quando analisados a luz da literatura histórica e filosófica, podem contribuir para o repertório de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que possibilitam estruturar e caracterizar zonas de um perfil.

4.3.2 Proposta de Sequência Didática

Uma Sequência Didática (SD), também nominada de Sequência de Ensino e Aprendizagem, por conta da tradução da expressão *Teaching-Learning Sequences* – TLS, proposta por Mehéut (2005), é uma ferramenta que pode ser utilizada no planejamento, aplicação e avaliação do processo de construção de significados em sala de aula. Segundo Leach

e Scott (2002), o uso de seqüências didáticas possibilita além de constatar evidências acerca da aprendizagem de estudantes, a partir de uma seqüência de ensino, torna passível acompanhar todo o processo em que o educando aprende. Além disso, é possível observar se os objetivos do ensino foram atingidos.

Para Mehéut e Psillos (2004), uma SD pode ser definida como um conjunto de atividades que almeja colaborar no entendimento do conhecimento científico, na qual potencializa as ações do ensino e aprendizagem. Leach e Scott (2002) também expressam que o uso da SD no ensino de conceitos científicos, pode tornar o processo de aprender dos estudantes algo mais construtivo e significativo, e ainda tornar as interações em sala de aula mais eficazes, pois na medida que ela é desenvolvida, professores e estudantes ficam mais compenetrados no processo de ensinar e aprender. Além disso, os autores ainda destacam que o papel do docente é muito importante, pois ele auxilia na mediação social da linguagem nas etapas da SD, por isso é importante que as atividades escolhidas e o tratamento do conteúdo não excluam o desempenho fundamental do professor.

De acordo com Leach e Scott (2002), para uma SD ser bem estruturada ela deve apresentar três características centrais. A primeira é a forma que a visão científica está disponibilizada a partir de um plano social da sala de aula, em que os recursos, estratégias, imagens e representações dialoguem para com os objetivos da proposta. Além disso, os autores ainda expressam que é muito importante que o professor inclua formas de acompanhar o entendimento dos estudantes durante a aplicação da SD e promover oportunidades para os educandos expressarem suas ideias, tanto nas atividades em pequenos grupos quanto nas atividades individuais. A segunda, de acordo com Leach e Scott (2002), envolve o processo de instrução, e está alinhado à forma que o professor auxilia os estudantes na compreensão dos conhecimentos trabalhados em sala de aula. Neste processo, torna-se muito importante que o docente promova uma discussão contínua com os estudantes para ajudá-los no entendimento daquilo que está sendo problematizado. E o terceiro, para os autores, é o apoio a internalização dos estudantes. Nesta fase, os estudantes tornam-se mais ativos, apresentam suas considerações, e desta forma, o conhecimento trabalhado na SD resultam em algo mais significativos para os discentes.

Para esta pesquisa, todo o entorno da SD foi voltado para o conceito de reações químicas e aplicado em cinco etapas. A aplicação ocorreu durante o mês de outubro de 2020, em três semanas. Vale salientar que a quantidade de dias para aplicação foi estabelecida considerando os dias e horários disponíveis pela docente responsável pela disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química 1 para realizarmos a pesquisa.

Inicialmente criamos uma plataforma de aprendizagem virtual por meio do Google Sala de Aula, com o intuito de disponibilizarmos os materiais da SD, bem como facilitar o envio das atividades, que estavam relacionadas as nossas ferramentas de coleta de dados. Utilizamos também de um grupo na rede social WhatsApp, para estarmos ainda mais próximos de nossos sujeitos. Vale destacar que o grupo já existia, e apenas fomos inseridos pela docente responsável pelo componente curricular.

A disciplina de Instrumentação para o Ensino de Química 1, tinha dois encontros semanais, sendo duas aulas germinadas de 50 minutos. Assim, cada etapa da aplicação teve duração de duas aulas de 50 minutos (100 minutos), em uma turma de Ensino Superior, trabalhada de forma remota. Ressaltamos que a modalidade de ensino remoto foi estabelecida por conta da necessidade de isolamento social, considerando o agravamento da covid 19 no Brasil e no mundo. Assim, mesmo compreendendo as limitações do modelo remoto por conta da falta de acesso de internet de muitos estudantes, mas considerando a importância do desenvolvimento desta pesquisa, aplicamos a SD na referida modalidade, entendendo a necessidade da adequação ao *locus* de pesquisa, e assim, dando andamento da investigação a qual objetivou realizar a proposição do perfil conceitual de reações químicas.

A seguir apresentamos as etapas para aplicação da SD acerca do conceito de reações químicas.

- **Primeira Etapa**

- Primeiro momento aplicamos um questionário construído no Google Formulário, buscando levantar concepções dos estudantes sobre o conceito de reações químicas. Salientamos que foi o mesmo questionário aplicado com os discentes do Ensino Médio (Cf. APÊNDICE B), conforme já descrevemos no item 4.3.1 de nosso percurso metodológico.
- Segundo momento, utilizamos como recurso o site *Mentimeter*, e tecemos três questões: - A partir do conceito de reações químicas conseguimos compreender (...), foi feito a partir do *site* supracitado, deixaremos três palavras livres para serem utilizadas de acordo com a possibilidade do recurso utilizado e a seguinte pergunta: O que é uma reação Química? Estas perguntas serão respondidas online, e as respostas ficarão visíveis para todos os estudantes. Por fim, aplicamos a pergunta: - Onde e como podemos observar as reações químicas? Após todos os licenciando concluírem suas respostas realizamos uma discussão com o objetivo de introduzir o conceito de reações químicas.

- **Segunda Etapa**

- Primeiro momento iniciamos uma aula síncrona e no decorrer da transmissão, apresentamos alguns vídeos que envolviam o conceito de reações químicas. Neste momento, aplicamos dois questionários (cf. APÊNDICE C), elaborados no Google Formulário para registrar as percepções dos discentes acerca dos vídeos, assim como mediar as discussões da aula. Salientamos que cada questionário continha 8 perguntas, abertas, sendo o primeiro com questões a partir de questões históricas do conceito em estudo, e o segundo, com perguntas relacionadas situações do dia a dia.
- Segundo momento realizamos um debate explorando cada vídeo, a fim de verificar a compreensão dos estudantes sobre o conceito de reações químicas a partir de diferentes contextos.

A seguir, informamos os vídeos que foram utilizados e apresentamos uma breve descrição de cada um. Destacamos que estes vídeos são produções audiovisuais lançados pela PUC Rio em parceria com o Ministério da Educação, o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Integra uma série de 6 programas (120 episódios) dedicados ao apoio do ensino de Química no Ensino Médio,

- Vídeo 1 - Tudo se transforma, reações químicas: os primórdios, aponta informações históricas para o conceito de reações químicas e algumas visões filosóficas que influenciaram o conceito em estudo ao longo dos séculos. Neste vídeo podemos suscitar algumas visões conceituais sobre reações químicas que permeia a sociedade e orienta algumas formas de falar sobre o conceito que incorporam modos de pensar mais intuitivos. Acesso em: Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=HLAxYoLDO7E> (Acessado em: 11/10/2020).

(SÍNTESE - O Vídeo com duração de 11 minutos e 17 segundos, inicialmente apresenta uma discussão sobre as escolhas das pessoas acerca do que é necessário no seu dia-a-dia, e que no geral não buscam pensar sobre a história do conhecimento humano que se esconde nos vários produtos que utilizamos como plásticos, álcool na forma de gel, e etc. Em seguida faz um resgate acerca da importância da observação da natureza que surgiu desde os primórdios,

mediante a observação e controle do fogo em torno das primeiras fogueiras, e a posterior utilização dele para cozer alimentos, afugentar animais, até para a transformação de minerais. Discute também as transformações da matéria, e que a partir delas se pode pensar nas reações químicas, e que elas surgiram para ajudar explicar as transformações, a partir da queima de “pedras” para a produção de cobre e outros metais, que a posterior passou a ser utilizado na confecção de armas, peças e ornamentos metálicos, a partir da metalurgia. É enfatizado que os fenômenos naturais ocorreriam por conta da vontade de deuses, mas que com o passar do tempo as comunidades se aperfeiçoaram e a partir dos gregos passaram a atribuir que as transformações ocorreriam por conta de uma lei natural. Assim, foi a partir das contribuições de diferentes pensadores gregos que se buscou compreender e explicar a matéria, considerando os elementos fundamentais da matéria: água, ar, terra, e o fogo, e que estes seriam os responsáveis pelas transformações a partir de diferentes combinações, que poderiam promover a união a partir do amor ou a separação por conta do ódio. Por fim, a partir das contribuições de Aristóteles se pode compreender ainda mais as transformações da matéria, e que apesar das distinções com o conceito de reações químicas explicado atualmente, sem esses diferentes desdobramentos da história não poderíamos entender e nem explicar as reações químicas que utilizamos e explicamos hoje em dia).

- Vídeo 2 – Aí tem química, reações químicas, apresenta algumas reações químicas refletindo sobre a observação de alguns eventos que ocorrem no dia a dia. Neste vídeo podemos discutir o conceito de reações químicas, transformações químicas e físicas, e características e fatores que desencadeiam uma reação química. Disponível em https://youtu.be/xxAl_wvNZII. (Acessado em: 11/10/2020).

(SÍNTESE - O Vídeo com duração de 12 minutos e 14 segundos, inicialmente apresenta uma conversa de estudantes acerca da criação de uma comunidade de química em uma rede social, tirando dúvidas sobre matéria, Química, Física, e diferenças entre transformações químicas e transformações físicas, estados da matéria e substâncias. Em seguida passam a discutir sobre reações químicas, e as formas de reconhecê-las, citando enferrujamento, apodrecimento de frutas, descoloração de cabelos, deterioração de materiais, azedamento do leite, pastilha





efervescente, e etc. Ainda no vídeo buscam formas explicativas para definir uma reação química, tecendo reflexões sobre as reações químicas que acontecem em uma cozinha, desde a queima do gás natural a partir da combustão do metano, que foi explicado a partir de uma explicação submicroscópica, como também representada por um modelo de equação química de combustão completa. Foram elencados outros exemplos, como o escurecimento enzimático de frutas em contato com o oxigênio, a transformação dos óleos a partir do aquecimento em frigideiras, processos químicos de contaminação do meio ambiente a partir do descarte errado do óleo na pia da cozinha, processo de reciclagem do óleo para a produção de sabão, produção de bolo na cozinha como forma de reconhecer várias reações químicas mediante diferentes processos que foi explicada de forma macroscópica e microscópica. Por fim, foi apontado sobre as características das reações químicas e fatores que as desencadeiam, e a importância desses conhecimentos para as pessoas).

- **Terceira Etapa**

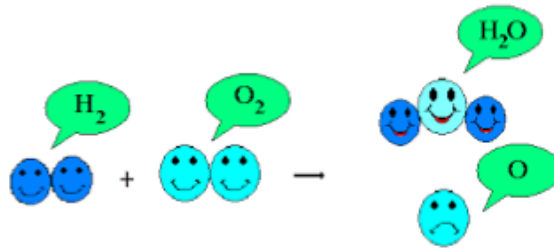
- Previamente enviamos dois textos que envolviam o conceito de reações químicas, quais sejam: Sobre a importância do conceito de transformações químicas no processo de aquisição do conhecimento químico e o segundo, Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas.
- No encontro síncrono, no primeiro momento aplicamos um questionário com o auxílio do Google Formulário, na qual objetivamos analisar como os professores em formação explicavam suas visões sobre o conceito de reações químicas, mediante afirmativas que ilustravam concepções informais de estudantes. Salientamos que o referido questionário continha nove afirmações, resgatando diferentes concepções informais que foram expressar nos dois artigos que foi enviado para leitura assíncrona. As questões na íntegra podem ser consultadas no Apêndice D.
- No segundo momento do encontro síncrono realizamos uma conversa dialogada, que teve como objetivo observar como os estudantes problematizam as concepções apresentadas nos artigos a partir da forma que cada um conceituava as reações químicas.

- **Quarta Etapa**

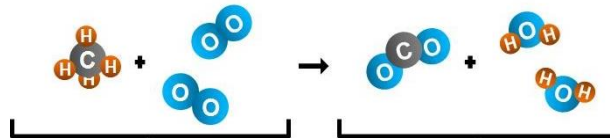
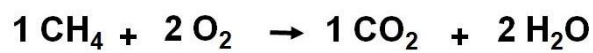
- Nesta etapa tivemos como objetivo trabalhar com diferentes exemplos relacionados ao conceito de reações químicas, e buscando ilustrar diferentes formas de compreensão do conceito em tela.
- No primeiro momento apresentamos as seguintes imagens e vídeos, apresentados a seguir, a cada exibição buscamos debater e observar a emergência de diferentes ideias acerca das reações químicas.

Recurso
<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="391 992 1278 1066">Fonte: https://www.aquilea.com/blog/recomendaciones-facilitar-digestion/errores-aciertos-acidez-estomacal/.</p>
<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="362 1332 1305 1406">Fonte: https://www.megacurioso.com.br/plantas-e-frutas/45238-mito-ou-verdade-basta-uma-maca-podre-para-estragar-todas-as-outras.htm.</p>
<div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="612 1697 1054 1727">Fonte: https://youtu.be/1LRvBL1sIRU</p>
<div style="text-align: center;"> $\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$  </div>

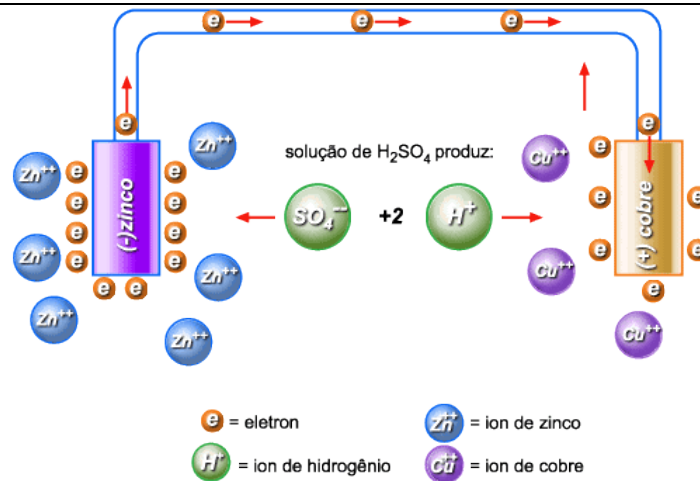
Fonte: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/9ano/ciencias/balancamento-de-equacoes-quimicas/2804>.



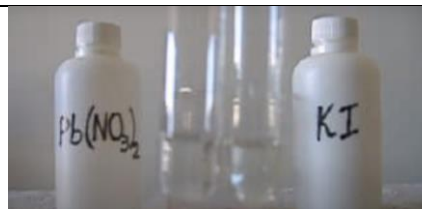
Fonte: <http://saladeexplosioesthuanyjacob.blogspot.com/p/reacoes.html>.




Fonte: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/9ano/ciencias/atomos-elementos-quimicos-e-as-transformacoes-da-materia/2297>.



Fonte: <https://leoknuppe.wordpress.com/2012/12/07/geradores-eletoquimicos-pilhas/>.



Fonte: https://youtu.be/7_v2x7ByLic



Colisões (https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/reactions-and-rates/latest/reactions-and-rates.html?simulation=reactions-and-rates&locale=pt_BR)

Reações reversíveis (https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/ideal-gas/latest/ideal-gas.html?simulation=reversible-reactions&locale=pt_BR)

- No segundo momento cada estudante teceu explicações a partir de cada imagem e vídeo, utilizando como recurso o Jamboard para registro.

- **Quinta Etapa**

- Previamente enviamos duas situações problematizadoras para que cada estudante realizassem a elaboração de um relatório e em seguida produzissem um vídeo sintetizando as ideias apresentadas no relatório, conforme ilustrado no Apêndice E. Nesta etapa objetivamos identificar a emergência de diferentes modos de pensar e mobilizar o conceito de reações químicas relacionadas a distintos contextos.
- Na aula síncrona solicitamos também que os licenciandos apresentassem as resoluções das situações justificando as razões cujas quais trilharam na construção do relatório e do vídeo.

De acordo com Coutinho (2005), Silva (2011), Diniz Júnior e Amaral (2019), a utilização de situações que envolvem contextos que podem ser problematizados possibilita observação de variadas formas de tratar um dado conceito, pois situa o sujeito a um momento em que ele é condicionado a posicionar-se frente à determinada discussão.

Além disso, o termo situação problematizadora tem uma base na pedagogia problematizadora de Paulo Freire (FREIRE, 2006), na qual expressa que o uso de contextos ajuda os estudantes a refletirem sobre sua própria realidade, e acerca de seus conhecimentos, e assim problematize, reflita e construa diferentes entendimentos sobre o conhecimento da

Ciência e seus próprios conhecimentos advindos das vivências em diferentes espaços em sociedade.

Na visão de Freire (1977), o ato de problematizar é indissociável da realidade, pois o indivíduo se depara com fatos e conhecimentos que os fazem refletir acerca da Ciência e das experiências cotidianas, dessa forma busca estabelecer sentidos para o que se aprende, sem repudiar os saberes sociais, isto é, não apenas se valoriza os conhecimentos técnicos, mas todo conhecimento que o sujeito construiu ao longo de sua vida e processo de instrução. Para tanto, esse processo de problematização, segundo Freire (1977) se alinha a uma dimensão dialógica, afirmando que é uma forma de constituir possibilidades de compreensão da realidade, que pode ser estabelecida por meio do entendimento e investigação da realidade de cada indivíduo (FERNANDES, MARQUES, DELIZOICOV, 2016).

Assim sendo, de acordo com Fernandes, Marques e Delizoicov (2016, p.9), para Freire:

[...] o processo dialógico e problematizador, é que a apropriação do novo ocorra de modo planejado na ação educativa: de um lado, o diálogo possibilitaria a identificação de problemas relativos às significações significativas, contidas nas manifestações locais das contradições, e a compreensão que o educando estaria tendo dos problemas; de outro, a busca problematizada de soluções para esses problemas.

Por isso, tratamos de situações problematizadoras, pois além de permitir a reflexão e indagação de conhecimentos químicos diversos, que fazem parte das vivências formativas tanto de professores de Química, quanto de estudantes da educação básica que estudam Ciências, no Ensino Fundamental anos iniciais e finais, quanto Química no Ensino Médio. Vale destacar que se torna problematizadora, pois não existe uma única resposta, existem processos de interpretação dialógicos que permitem com que os sujeitos sociais apresentem soluções considerando conhecimentos técnicos e também alinhado ao cotidiano. Tal fato é ratificado pela teoria dos perfis conceituais, na qual defende que concepções científicas e informais, convivem no discurso dos sujeitos, mas que a visão científica não se sobressai, ambas convivem no discurso de cada sujeito e podem ser mobilizadas em contextos apropriados (MORTIMER, 2001; MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Além disso, as situações problematizadoras se ancoram na contextualização como uma prática reflexiva, uma vez que segundo Gonzáles (2004), instiga a reflexão dos sujeitos acerca de uma variedade de contextos, fazendo com que eles passem a compreender melhor a importância da Ciência, e que ela ajuda a explicar, entender diferentes fenômenos e transformações que nos cercam. Assim, ao sujeito responder uma situação, não irá apenas valorar as explicações cotidianas, mas buscará explicar com base em diferentes conhecimentos

científicos, por isso, se apoiando em Gonzáles (2004) entendemos que as situações problematizadoras podem promover possibilidades para uma prática reflexiva na qual valoriza a Ciência, em uma visão político, cultural e social de realidades específicas e entra em contraposição com a visão dogmática e descontextualizada da Ciência que a concebe como algo abstrato e sem relação com a realidade.

Uma outra questão que corrobora com as situações problematizadoras atrelada a teoria dos perfis conceituais se baseia na contribuições de Bernstein (1996, 1998), em que elas podem levar os sujeitos a problematizar, conforme defende, Freire (1977), como também fazer com que os indivíduos tratem a contextualização de forma crítica, na qual reconhece que contextualizar e problematizar não é simplesmente buscar uma assimilação conceitual ou limitar-se ao cotidiano, mas procurar promover uma formação abalizada na reflexão crítica, pensando nas contribuições da Ciência para o desenvolvimento social e que também colabora para uma formação cidadã.

Dessa forma, a situação problematizadora alinhada à teoria dos perfis conceituais, possibilita com que os sujeitos ao pensarem na contextualização também reverberem acerca da multiplicidade de contextos, e que estes apresentam diferentes modelos (GILBERT, 2006) e distintos domínios (JONG, 2008), que podem auxiliar na construção de significativos com implicações dentro e fora da sala de aula. Desse modo, segundo Gonzáles (2004), Gilbert (2006) e Jong (2008), os contextos podem ser explorados pelos indivíduos ao responderem situações problematizadoras e concederem um significado e uma responsabilidade ainda maior na aprendizagem conceitual, uma vez que podem promover uma prática epistêmica. De acordo com Bernstein (1998), a prática epistêmica é uma forma de construir na conscientização dos indivíduos, e que na nossa perspectiva pode fazer com que o indivíduo ao resolver uma situação poderá pensar nos diferentes modelos e domínios de contextos, e também nos diferentes modos de pensar e formas de falar e assim guiar sua própria aprendizagem e se é tomar ciência acerca da multiplicidade de contextos e zonas de um perfil conceitual. Assim sendo, a prática epistêmica poderá se desenvolver mediante os sujeitos refletirem e indagarem acerca dos conhecimentos científicos e suas conexões com Química, os conceitos, os contextos e as questões pessoais, sociais, culturais de cada indivíduo e suas respectivas experiências.

Portanto, situação problematizadora na ótica da teoria dos perfis conceituais trata-se de uma situação que incita o sujeito a refletir sobre as informações colocadas, objetivando que o mesmo busque de todos os conhecimentos epistemológicos, ontológicos e axiológicos construídos ao longo de suas vivências e exponha suas considerações sobre o que está sendo indagado. Salienta-se que que todas as etapas da SD foram gravadas pelo Google Meet.

Quadro 1 - Resumo das etapas da Sequência Didática

ETAPAS	ATIVIDADE	OBJETIVO	REGISTRO	TEMPO
PRIMEIRA	Questionário (aplicado de forma síncrona) 03 Questões no Mentimeter (síncrona)	Introduzir e levantar concepções alternativas sobre o conceito.	Respostas ao questionário. Gravação da aula.	100 min
SEGUNDA	Exibição de 02 vídeos sobre reações químicas (síncrona). Discussão dos vídeos. Aplicação de questionários a partir dos vídeos.	Verificar como os estudantes compreendiam sobre o conceito de reações químicas a partir de diferentes contextos.	Gravação da aula. Respostas aos questionários	100 min
TERCEIRA	02 Textos – leitura assíncrona Evidenciar a importância das concepções informais ou prévias para a compreensão do conceito científico e desenvolvimento de instrumentos para o ensino. Preencher formulário no Google. Discussão em sala de aula.	Analisar como os professores em formação explicavam suas visões sobre o conceito de reações químicas, mediante afirmativas que ilustravam concepções informais de estudantes.	Gravação da sala de aula. Respostas ao formulário.	100 min
QUARTA	Discussão sobre a visão científica sobre o conceito de reações químicas a partir de situações familiares e imagens. Questões orientadoras, imagens, vídeos e simulações.	Verificar como os estudantes articulam concepções informais e científicas Discutir evidências de reações químicas – crítica aos livros didáticos.	Gravação da aula.	100 min
QUINTA	Situações problematizadoras. (leitura assíncrona) Discussão das situações.	Discutir os diferentes sentidos e significados atribuídos ao conceito de reações químicas.	Produção de relatório e vídeo sobre a resolução da situação problematizadora. Gravação da aula.	100 min

Fonte: Própria.

A partir do Quadro 1, ilustramos a síntese de nossa Sequência Didática, e assim, destacamos que durante a aplicação enfrentamos diferentes dificuldades, como oscilações na internet dos estudantes, que ora conseguiam entrar, o logo em seguida perdiam o acesso por falta de internet. Outro ponto que cabe destacar foi que, mesmo gravando as diferentes etapas de aplicação, muitos estudantes, não ligavam as câmeras e nem os microfones, o que nos impossibilitava de acompanhar a emergência de possíveis modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas.

Dessa forma, somente uma parcela pequena da turma dialogava conosco durante as aulas, e nesse sentido, em alguns momentos apenas a docente responsável pela disciplina e o pesquisador falavam durante as aulas, o que gerou um obstáculo para a nossa pesquisa, considerando o contexto de aplicação de forma remota, por conta da pandemia. Todavia, destacamos que o uso de questionários foi extremamente positivo, e um número expressivo de estudantes conseguiram contribuir de forma efetiva com a nossa coleta de dados.

Por fim, grande parte de nossos dados, foram coletados a partir de registros escritos, e poucos dados foram coletados por meio de falas e/ou interações discursivas, que foi objeto inicial de nossa pesquisa, mas excepcionalmente, não obtivemos êxito. Entretanto, mesmo deixando explícito as dificuldades supracitadas, estas não limitaram a qualidade dos dados coletados, bem como não impossibilitaram atingirmos os objetivos traçados para o percurso metodológico na etapa de aplicação de uma Sequência Didática.

4.4 Análise de dados

A seguir apresentamos o processo de análise de dados, como também os referenciais metodológicos que embasaram a presente tese.

4.4.1 Análise de dados da literatura

Para analisarmos os dados alcançados por meio da coleta de dados em fontes secundárias da história da Ciência, estudos da Filosofia da Química, Livros Didáticos do Ensino Superior e de trabalhos de levantamento de concepções informais em diferentes níveis e cultura sobre o conceito de reações químicas realizamos a identificação de diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Em relação aos compromissos epistemológicos estes estão relacionados a produção do conhecimento, e abalizam como conhecemos determinados conceitos. Segundo Mattos (2014)

este tipo de compromisso está alinhado a aspectos da história e filosofia da Ciência e do próprio homem. Assim, para este trabalho utilizamos diferentes compromissos epistemológicos, quais sejam, a partir do realismo, animismo, substancialismo, empirismo, formalismo e racionalismo (BACHELARD, 1996), epistemologia naturalista (KITCHER, 1998), compromisso sensorialista, (BACHELAD, 1996, PUTNAM, 1995), compromisso epistemológico pragmático (DEWEY, 1926, JAMES, 2006), compromisso representacional (GILBERT; JUSTI, 2016).

Sobre os compromissos ontológicos, segundo Rodrigues e Mattos (2007), Mattos (2014), estão conectados a natureza dos objetos, em que se busca o que é o objeto considerando a polissemia, e a representação de diversos significados a partir de contextos. Para Mattos (2014), o aspecto ontológico é de grande importância na teoria dos perfis conceituais, uma vez que ajuda a explicar a coexistência de diferentes interpretações para um determinado conceito. Dessa forma, em nossa análise nos guiamos em Chi (1992), considerando o aspecto ontológico de processos, por meio de procedimentos, eventos de natureza intencional ou aleatória e interação acausal que pode ser explicado como algo natural ou artificial, bem como da matéria como natural ou não natural, e por fim, de estados mentais a partir de características emocionais ou intencionais/desejos.

E no que concerne aos compromissos axiológicos, nos ancoramos em Dalri (2009) e Mattos (2014) na qual consideramos concepções de conceitos científicos relacionadas a valores e afetos. Assim no compromisso axiológico os indivíduos podem atribuir questões afetivas, de importância e valoração aos conceitos, e isso, significa buscar compreender e que possibilita reconhecer os motivos afetivas que dos desígnios de determinadas representações dos conceitos em contextos específicos e seus fins.

É importar também enfatizar que os referidos compromissos, são selecionados em consonância com as análises, isto é, a partir do momento que ocorreu as leituras, identificação de concepções nos estudos sobre fontes secundárias da história da Ciência, de cunho filosófico da Química, de livros e de trabalhos de levantamento de concepções informais acerca do conceito de reações químicas, fomos destacando os compromissos identificados e em seguida respaldamos com a literatura, com o objetivo de explorar os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que estavam interligados ao conceito em tela.

Deste modo, esse processo faz parte da estrutura analítica da teoria dos perfis conceituais, entretanto, as escolhas teóricas dos compromissos não são fixas, podendo variar por conta do conceito em investigação, como também por conta da área da pesquisa, como Química, Física, Biologia, por exemplo. Mas para se propor modos de pensar e formas de falar,

é necessário a sistematização dos referidos compromissos, como forma de validação das definições, polissemias, valores e significados que são utilizados de forma pragmática pelos indivíduos em diferentes contextos sociais e culturais. A seguir apresentamos o Quadro 2, com uma síntese dos compromissos que utilizamos em nossa pesquisa.

Quadro 2 – Síntese dos compromissos utilizados na pesquisa

COMPROMISSOS	TIPOLOGIAS	CARACTERÍSTICAS	FONTES
Epistemológicos	Naturalismo	Os fenômenos explicados a partir de uma lei natural, ocorre em uma ótica externalista na qual as percepções se aportam em uma crença confiável, pautada no real.	Kitcher (1998)
	Realismo	O conhecimento atrelado as experiências, ideias intuitivas sobre os conceitos que negam diferentes esforços da racionalidade	Putnam (1995) Bachelard (1996)
	Animismo	Atribuição de características vitais, isto é, os materiais com atribuições humanas.	Bachelard (1996)
	Substancialismo do oculto	Explicar os fenômenos a partir de qualidade distintas, superficiais, manifestas e ocultas. E busca interpretar as qualidades por meio de valores ocultos ou baseado em intuições diretas. E ainda coloca que as substâncias, podem ter virtudes e poderes,	
	Empirismo	Definições de fenômenos a partir da realidade observada, estabelecendo leis, ações experimentais e observações concreta da aplicação dos fenômenos.	
	Formalismo	Explicar os fenômenos a partir de relações matemáticas.	

	Racionalismo	Os conceitos estão relacionados com um movimento no qual o pensamento racional busca a sua aplicação e a experimentação se aperfeiçoa a partir das teorias.	
	Pragmático	Considerando os conceitos a partir do que é prático, concreto, e aplicado, por meio de aplicação útil.	Dewey (1929), James (2006)
	Representacional	Os conceitos apresentados por meio de modelos, representações, classificações.	Gilbert e Justi (2016)
Ontológicos	Matéria	Algo natural com matéria viva e não viva.	Chi (1992)
		Acerca de artefatos produzidos.	
	Processos	Procedimento, como algo realizado em sequência.	
		Evento, como uma causa que tem começo e fim. Ele pode ser intencional ou realizado de forma aleatória.	
		Interação acausal, processos que acontecem, podendo ser natural ou artificial.	
Estados mentais	Envolvendo questões emocionais.		
	Envolvendo questões intencionais/desejos.		
Axiológicos	Valores e afetos	Os indivíduos podem atribuir questões afetivas, de importância e valoração aos conceitos	Dalri (2009) Mattos (2014)

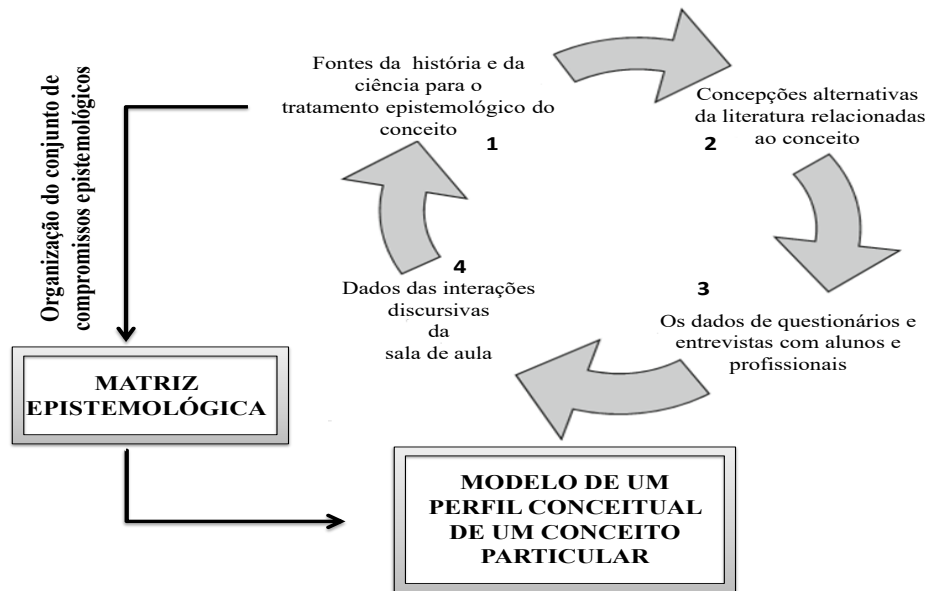
Fonte: Própria.

4.4.2 Construção da Matriz Semântica para o conceito de reações químicas

Atualmente, Mortimer et al. (2014) apontam um modelo (Figura 3) que representa a ideia principal da teoria dos perfis conceituais, ilustrando a referida teoria como um programa de pesquisa, com um *corpus* consistente que em tese concede grandes respaldos para variados

questionamentos, sejam ligados à construção de conceitos, enriquecimento conceitual, assim como na tomada consciência dos diferentes modos de pensar e formas de falar um conceito.

Figura 3: Concepção do programa de pesquisa da teoria dos perfis conceituais: a construção de um modelo de perfil para um determinado conceito



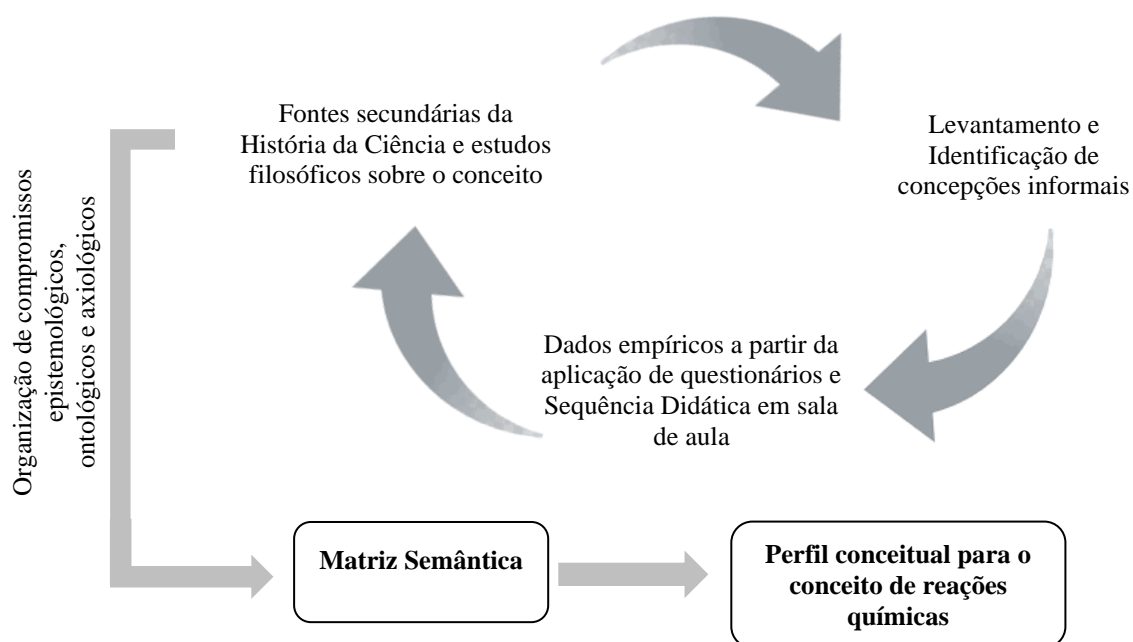
Fonte: Mortimer e El-Hani (2014). (tradução nossa)

Conforme podemos observar na Figura 3, verificamos que a teoria dos perfis conceituais apresenta um programa de pesquisa consistente, com pressupostos teóricos e metodológicos que podem ser empregados para a proposição de um perfil conceitual em diferentes áreas de conhecimentos, tais como, na Química, Física, Biologia, Matemática, Sociologia, Antropologia, entre outras (MORTIMER; EL-HANI, 2014; MORTIMER et al., 2014a). Ainda nessa direção, conforme evidenciado no ciclo da Figura 3, observamos que os compromissos ontológicos, epistemológicos e axiológicos são os pontos norteadores de um perfil, pois estes podem ser observados nas fontes históricas e científicas que foram construídas diretamente pela ação do homem na organização do próprio conhecimento e das informações que podem emergir dos diferentes contextos da sociedade. Algo importante que destacamos que um dos quesitos cruciais na proposição de um perfil é configurar as variadas concepções que o conceito em estudo apresenta, seja pelas amostras de fala que emergem no contexto da sala de aula, como também evidenciadas pela literatura possibilitando assim um conjunto de informações que elucidam os diversos significados que o um determinado conceito apresenta e seus variados contextos de aplicações, levando em consideração que os fatos, fenômenos e o próprio conhecimento são construídos pelas interações das pessoas e, sobretudo pelo desenvolvimento sócio-histórico da humanidade.

No ciclo da Figura 3, nos pontos 3 e 4 também percebemos que independente do conceito que está sendo trabalhado, a utilização dos questionários e entrevistas tornaram-se ferramentas que contribuem para o levantamento de concepções, pois consegue abarcar os dados que emergem tanto das interações discursivas dos sujeitos da sala de aula, como a concepção de cada participante, permitindo assim acompanhar os diferentes significados e as múltiplas maneiras que é pensado e falado um conceito no contexto escolar, sendo que estas concepções estão carregadas das visões individuais dos estudantes e professores inerentes ao contexto de origem de cada um. Assim sendo, a partir das articulações dinâmicas observada na Figura 3, entre os pontos 1, 2, 3 e 4, verificamos que todo esse arcabouço de informações permite uma organização do conjunto de compromissos epistemológicos, formado pelas diferentes ontologias das etapas anteriores constituindo assim uma matriz epistemológica, permitindo o estabelecimento de um modelo de perfil para um determinado conceito, comportando as distintas características e perspectivas que foram evidenciadas ao longo do desenvolvimento filosófico, histórico e cultural do homem e da ciência.

Para tanto, guiados na discussão de Mortimer e El-Hani (2014), Amaral (2004), Sepúlveda (2010), Sodré (2017), Reis (2018) e Pimentel (2019) apresentamos um esquema que sintetiza o modelo para a proposição do perfil conceitual para o conceito de reações químicas, conforme ilustrado na Figura 4, a seguir.

Figura 4: Construção do modelo de perfil conceitual para o conceito de reações químicas



Fonte: Própria.

Conforme ilustrado na Figura 4, na construção inicial dos dados da pesquisa nos guiamos na estrutura orientada por Mortimer et al. (2014a), na qual primeiramente realizamos um estudo profundo a partir de fontes secundárias da história da Ciências e estudos filosóficos, identificando diferentes concepções sobre reações químicas em diferentes períodos históricos e possíveis definições. Em seguida, efetuamos um estudo acerca de trabalhos de periódicos nacionais e internacionais que realizaram levantamento e identificação de concepções informais envolvendo o conceito de reações químicas e transformações químicas, bem como em livros didáticos do Ensino Superior. E para a construção de dados empíricos realizamos a aplicação de questionários e de uma Sequência Didática que nos possibilitou identificar diferentes modos de pensar por meio da mobilização de falas de estudantes do Ensino Médio e licenciandos em Química. Salientamos que, ao mesmo tempo que o espaço da sala de aula virtual nos possibilitou verificarmos concepções, e a emergência de diferentes visões que envolvem o conceito, também permitiu validarmos as zonas do perfil conceitual de reações químicas. Assim, guiados nos estudos de Mortimer et al. (2014a), a validação é um processo que ocorre a posterior da proposição das zonas com o objetivo de respaldar os diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito em processo de perfilação, como também analisar o valor pragmático e os variados contextos de aplicação, e por fim, e os sentidos e significados que podem emergir na linguagem social, por isso a validação ocorre mediante a aplicação de diferentes estratégias com distintos sujeitos sociais.

De acordo com a Figura 4, na primeira etapa, efetuamos a organização de compromissos epistemológicos, analisando registros e estudos que explicavam o que conhecemos sobre o conceito de reações químicas; de compromissos ontológicos, levando em consideração a polissemia do conceito de reação química e seus significados e como definimos o que é o conceito de reações químicas; e de compromissos axiológicos que expressavam sobre os valores afetivos que envolvem o conceito em estudo, e posteriormente, estruturamos uma Matriz Semântica que é uma forma de organizar diferentes concepções do conceito e propor zonas para o conceito em estudo.

No que concerne à proposição da Matriz Semântica, na Figura 4, destacamos que uma primeira proposta de organização da polissemia para a proposição do perfil conceitual de entropia foi estruturada por Amaral (2004), que estratificou o conjunto de ideias levantadas nas várias fontes – históricas da literatura e da sala de aula – em diferentes níveis de compreensão sobre o conceito, a partir dos quais foram identificados compromissos epistemológicos e ontológicos, e propostas as zonas do perfil conceitual. Em seguida, uma nova forma de

organização foi proposta por Sepúlveda (2010), a matriz epistemológica, em que temas epistemológicos, categorias e compromissos foram dispostos coerentemente em um quadro. Essa matriz epistemológica foi revisitada por Reis (2018) e Pimentel (2019) em seus estudos de doutoramento e um novo modelo foi proposto sob a denominação de Matriz Semântica (MS).

Outros dois modelos foram propostos, o primeiro que mencionamos foi elaborado por Freire (2017, p. 133), nominado de Matriz de Significados, que organizou zonas a partir de “dimensões, domínios, ou inscrições epistemológicas que reuniam características, elementos centrais, pressupostos filosóficos, finalidades, métodos, relações com a realidade e com o objetivo do conhecimento”. E o segundo modelo, foi a Matriz de Organização da Polissemia (MOP), proposta por Sodré (2017), na qual aponta como uma ferramenta que organiza os diferentes significados para um conceito, utilizando o cruzamento de informações acerca dos domínios genéticos com dimensões epistemológicas, ontológicas e axiológicas implicadas nas concepções levantadas.

Assim sendo, dentre esses modelos elencados, utilizamos a Matriz Semântica, mesmo considerando a contribuição das demais matrizes, verificamos que ela estaria mais atrelada aos nossos objetivos de pesquisa e metodologia que adotamos, e por isso, optamos pela MS. O modelo de Matriz Semântica (REIS, 2018; PIMENTEL, 2019), conforme ilustrado na Figura 4, nos possibilitou a organização dos diversos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos atrelados ao conceito em estudo, relacionando temas comuns, e a categorias distintas que subsidiaram estruturarmos a compreensão do conceito de reações químicas.

É importante destacarmos que, segundo Pimentel (2019), os temas da MS dizem respeito temas epistemológicos conforme caracterizado por Sepúlveda (2010), e partir da incorporação de temas ontológicos e axiológicos, como base em Reis (2018). Todavia, para a nossa pesquisa, tratamos os temas como organizadores da polissemia do conceito de reações químicas, e por isso, os conjecturamos como forma de sistematizar a polissemia do conceito, fazendo o agrupamento dos temas comuns que emergiram em nossa pesquisa teórica. Em relação as categorias, consideramos as inferências de Reis (2018), embasada na pesquisa de Coutinho (2005), que descreveu as categorias como forma estabelecer uma relação dialógica entre os dados sucedidos de fontes distintas e os modos de expressão recorrente. E deste modo, nesta pesquisa entendemos que, os temas, organizam a polissemia do conceito, em nosso caso o de reações químicas, e as categorias são desdobramentos dos temas que dizem respeito as concepções que são recorrentes nas fontes analisadas, e estas categorias estão atreladas diretamente a diferentes compromissos, sejam eles epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

Por fim, conforme podemos observar na Figura 4, a organização de temas, categorias e compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, foi a nossa ferramenta para sistematizarmos modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas, isto é, por meio da Matriz Semântica organizamos a polissemia do conceito, e partir dos temas que são elencados na MS que realizamos a proposição das zonas para o conceito de reações químicas. Por isso, ratificamos que um perfil conceitual é proposto por meio de zonas, que são distintos modos de pensar e formas de falar um conceito, organizadas a partir de diferentes compromissos, e elas estão diretamente ligadas a variados contextos.

4.4.3 Análise das respostas aos questionários

Para analisar as respostas dos estudantes e também dos licenciandos (dados obtidos por meio da aplicação da Sequência Didática), primeiramente realizamos a identificação de cada sujeito a partir de siglas. Após isso, para sistematizarmos as respostas, construímos quadros, para cada questionário, identificando cada sujeito, e inserindo a fala completa acerca de cada pergunta. A posterior destes procedimentos, realizamos a identificação de modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas.

Segundo Mortimer e El-Hani (2014), as concepções informais obtidas por meio de questionários ou entrevistas, tanto podem ser utilizadas para a proposição de um perfil, quanto podem ser utilizadas para validar as zonas de um perfil, uma vez que para os autores essa utilização valida a existência das diferentes ideias no contexto sociocultural, ao mesmo tempo que refina a análise. Deste modo, utilizamos os dados alcançados por meio dos questionários, para propormos e validarmos as zonas do perfil conceitual de reações químicas, e por isso, ressaltamos que utilizamos das sete zonas para o conceito de reações químicas, que serão discutidas nos resultados e discussão dos dados empíricos.

Além disso, como a quantidade de dados foi bastante expressiva, em nossos resultados, primeiro apresentamos os dados obtidos com estudantes do Ensino Médio de uma escola privada do Recife, e em seguida, os dados alcançados com Licenciandos em Química por meio da aplicação de uma SD, destacando cada questão, as zonas identificadas e a ilustração de respostas representativas. Assim, em cada pergunta dos questionários apenas ilustramos respostas exemplificando cada zona identificada e a sigla do respectivo sujeito que respondeu. O critério de escolha para as respostas foi considerando a clareza da explanação do sujeito e sua relação com os modos de pensar e formas de falar para o conceito de reações químicas,

dessa forma, cada resposta ilustrada não foi selecionada de forma aleatória e desconexa aos objetivos desta tese.

Assim sendo, na exposição dos dados com estudantes do Ensino Médio, apresentamos repostas representativas acerca de cada pergunta, considerando as zonas que emergiram nas falas de nossos sujeitos. O questionário foi aplicado de forma virtual, tendo em vista as condições da pandemia do vírus da Covid 19 no Brasil. Assim, o referido instrumento foi aplicado pela professora, durante 50 minutos com cada turma de estudantes do 2º ano do Ensino Médio e do 3º ano do Ensino Médio.

Por fim, ressaltamos que o questionário continha sete perguntas, sendo a quinta com quatro afirmativas e a sexta com dois itens, totalizando doze questionamentos ao todo. No entanto, visando a melhor otimização da apresentação de nossos dados, selecionamos apenas seis perguntas, a saber: Pergunta 1; 3; 5A; 5C; 6A; e 7, as quais compreendemos que representam as principais zonas verificadas.

4.4.4 Análise de dados obtidos na aplicação da Sequência Didática

Em relação aos dados alcançados por meio da aplicação de questionários na Sequência Didática, seguiremos os critérios que foram discutidos na subseção 4.4.3, tendo em vista que aplicamos um questionário para identificação de concepções informais, primeira etapa da SD; dois questionários acerca dos vídeos que discutia o conceito de reações químicas aplicado a um contexto histórico e a contextos do cotidiano, segunda etapa da SD.

Em relação aos dados levantados na terceira, quarta e quinta etapa, comentários dos licenciandos acerca de concepções informais de estudantes da educação básica; respostas dos discentes no Jamboard (recurso do Google *for Education*, que é uma plataforma de interação que foi utilizado em nossa pesquisa atrelada ao Google Sala de Aula, aplicado no encontro síncrono) e vídeos das respostas as situações problematizadoras, respectivamente, pois no que diz respeito a quinta etapa apenas analisamos os dados que foram obtidos a partir da entrega dos relatórios com as resoluções escritas das situações problematizadoras.

Ressaltamos que os resultados da terceira etapa foram relevantes, no entanto serão explorados para publicações futuras, e os dados obtidos nos registros dos estudantes no Jamboard (quarta etapa) apesar de utilizarmos imagens e vídeos, para que os discentes tecessem inferências para o que tínhamos discutido em aula, as respostas dos estudantes foram muito gerais, com poucas informações, e tais fatos, infelizmente, nos levaram a não analisarmos. Outro ponto importante ainda sobre dados não analisados, diz respeito aos vídeos que foram

solicitados na quinta etapa da SD, excepcionalmente, por estarmos realizando a nossa coleta de dados em um formato remoto, e vários estudantes tendo dificuldade com internet, sem aparatos tecnológicos para execução de suas atividades, lamentavelmente, uma parcela significativa da turma não entregou o vídeo, bem como os 9 vídeos que foram encaminhados, não apresentaram discussões que contribuíssem para a efetivação de nossos objetivos, e por isso, decidimos não analisá-los. Por fim, ratificamos que esses dados não expressos nesta tese não lesaram a qualidade de nossa pesquisa, como também não influenciaram em não atingirmos o nosso objetivo geral que foi propor um perfil conceitual para o conceito reações químicas.

Assim, acerca dos dados coletados na quinta etapa da SD, analisamos as respostas dos nove licenciados que entregaram os relatórios sobre as resoluções para as duas situações problematizadoras, a primeira sobre acidez estomacal, e a segunda pilhas e baterias. Salientamos, que em nossos resultados, ilustramos alguns exemplos de respostas, os quais compreendemos como representativos e atendem aos objetivos da pesquisa. É necessário também destacar que em nossa pesquisa, além estarmos propondo um perfil conceitual para o conceito de reações químicas, estamos buscando validar as zonas propostas considerando a emergência de modos de pensar sobre o conceito em tela aplicado em diferentes contextos e também analisar possíveis aproximações entre a emergência de distintas zonas, conceito de reações químicas e os diferentes contextos.

Para analisarmos os dados dos licenciandos referentes aos dados obtidos a partir da aplicação dos vídeos e das resoluções das situações problematizadoras, estabelecemos três critérios de análise, o primeiro foi a identificação de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de reações químicas, considerando as zonas do perfil conceitual do conceito em tela. O segundo foi guiado por meio modelos de contexto (GILBERT, 2006), buscando observar o principal modelo presente na fala dos licenciandos, considerando contexto como aplicação direta de conceitos, contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações, e por fim, contexto como circunstância social. E o terceiro, nos orientamos considerando os domínios de contexto (JONG, 2008), que emergem ao longo da fala dos sujeitos, quais sejam, domínio pessoal, domínio social e da sociedade, e domínio científico tecnológico.

Escolhemos esses três critérios, compreendendo que eles permitiram estabelecermos a compreensão dos modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas, através das respostas escritas, e além disso, possibilitaram compreendermos as concatenações entre os modos de pensar e os contextos, buscando identificar os principais domínios nas falas dos nossos sujeitos, e modelos de contextos que predominaram nas respostas em respostas

representativas dos vídeos apresentados durante a SD e também acerca das situações problematizadoras.

Ressaltamos que, para operacionalização analítica, no guiamos nos domínios de contextos, Jong (2008) e nos modelos de contextos, Gilbert (2006), mas os adaptamos como ferramentas de análise, e assim, daremos ênfase as características as quais foram expressas no Quadro 3, por isso, consideramos o registro das falas dos licenciandos ao responderem os questionários acerca de cada vídeos e bem como a escrita das respostas dos nossos sujeitos e observando os modelos e domínios que foram evidenciados pela fala escrita de cada sujeito de pesquisa ao responder as duas situações problematizadoras. A adaptação foi necessária, buscando atender aos pressupostos desta pesquisa.

A seguir, ilustramos os critérios de análise, mas apenas os domínios e modelos, e suas respectivas características. As zonas serão expressas nos próximos capítulos.

Quadro 3 – Critérios de análise de modelos e domínios de contextos

CRITÉRIOS		
Código	Modelos de contexto	Características
#MD1	Contexto como aplicação direta de conceitos	Contexto incorpora um valor decorativo, isto é, o contexto fica restrito a ilustrações e exemplos superficiais.
MD2	Contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações	Contexto utilizado como veículo para relacionar um conceito a diferentes aplicações, fazendo o justo posicionamento de conceito e aplicação. Utiliza-se de exemplificações, mas buscando influenciar no significado que o conceito apresenta.
MD3	Contexto como circunstância social.	Contexto é situado como uma entidade cultural na sociedade, e é relacionado a questões que são importantes para a vida das pessoas que podem envolver as implicações tecnológicas, científicas, sociais e culturais.
Código	Domínios de contexto	Características
*DC1	Domínio pessoal	Contexto empregado para conexões entre a Química e a vida pessoal de professores e estudantes, este é usado nas escolas como forma de contribuir o desenvolvimento pessoal dos alunos, considerando as variadas questões da vida cotidiana e experiências.
DC2	Domínio social e da sociedade	O contexto utilizado como forma de contribuir na formação cidadã, e é bastante e fortemente explorado no âmbito escolar, pois é uma forma de preparar os estudantes para suas funções sociais e responsabilidade com a sociedade.
DC3	Domínio científico tecnológico	O contexto é utilizado para promover a alfabetização científica e tecnológica, trazendo reflexões sobre vários problemas da sociedade com questões científicas, históricas da Ciência, e tecnológicas.

Fonte: Gilbert (2006) e Jong (2008). (Adaptados) *DC – Domínio de Contexto. #MD – Modelo de contexto

CAPÍTULO 5

Reações Químicas: um estudo acerca do desenvolvimento histórico, filosófico, e de concepções informais e livros didáticos

Neste capítulo apresentamos uma discussão sobre alguns aspectos históricos, filosóficos e teóricos do conceito de reações químicas buscando apontar diferentes desdobramentos que ocorreram longo dos séculos até a atualidade. Também discutimos sobre as concepções advindas de trabalhos acerca do levantamento e da classificação de concepções informais e em também em livros didáticos do Ensino Superior.

5.1. O desenvolvimento histórico do conceito de reações químicas

Nesta seção, apresentaremos algumas fases da história da Química, buscando focar no conceito de reações químicas e seus diferentes desdobramentos ao longo dos séculos.

5.1.1. Das transformações da matéria às reações químicas: origens de um conceito

Desde tempos remotos, as transformações da natureza e dos materiais são observadas pelos seres humanos. De acordo com Vidal (1986), pensando nas transformações o domínio do fogo representa uma das grandiosas descobertas químicas, o que transformou diretamente a vida do homem, pois era sua principal fonte de luz e calor.

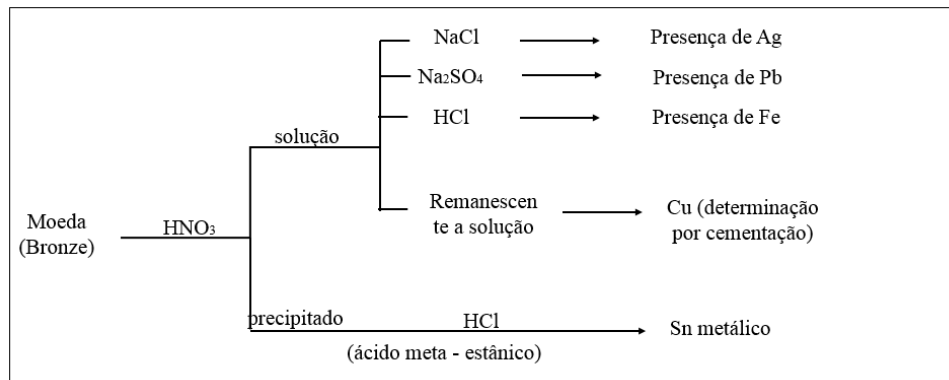
O fogo por muitos anos se constituiu uma fonte de energia para a transformação dos materiais, sobretudo dos alimentos, uma vez que desde o início do período paleolítico o homem aprendeu a transformar as coisas a partir do aquecimento. Transformava, por exemplo, o ocre (argila colorida) amarelo em ocre vermelho por meio do uso do fogo e logo mais tarde utilizava-o na prática da combustão e metalurgia. Sendo assim, na visão de Vidal (1986), o fogo seria a manifestação tangível de uma transformação química considerando a reação de combustão e a capacidade de formar produtos.

Segundo Rooney (2019), considerando o uso contínuo do fogo, a ocorrência de uma transformação seria a partir da atração de seus materiais pode ser registrada na Idade do Bronze. Para a autora, a liga de cobre e arsênio era formada pela afinidade entre estas substâncias; esta técnica era muito utilizada no antigo Japão a partir do aquecimento do mineral de cobre e utilizando carvão em uma atmosfera pobre em oxigênio, apenas a partir da observação, e depois

de um tempo confinado produzia óxido de cobre e na redução, cobre puro.

Maar (2008) também aponta que o arqueólogo inglês, Willian Petrie (1853-1942) datou uma sistemática do bronze encontrado em registros arqueológicos do antigo Egito. E que os gregos também fundiam ligas metálicas, como o Bronze por volta de 3.000 a. C e os povos europeus em torno de 2000 a. C. para confecção de moedas (conforme ilustrado na Figura 5).

Figura 5: Marcha analítica de Klaproth para moedas de bronze



Fonte: Maar (2008).

Assim, conforme expresso na Figura 5, na marcha analítica de Klaproth, a sistematização de processos químicos é algo bem remoto, conforme podemos verificar na produção de moedas de cobre, o que nos sugere refletir que a manipulação matéria foi sempre algo relevante para humanidade em diferentes períodos históricos.

Bensaude-Vicent e Stengers (1992), também apontam que variados materiais eram obtidos a partir de diferentes processos, por exemplo o Cinábrio (sulfeto de mercúrio) entrava na composição do vermelho no uso dos atenienses para colorir seus rostos, bem como as mulheres do rio Nilo utilizavam a malaquite (tipo de carbonato de cobre) também para pintar o rosto. O Mínio (óxido de chumbo) também foi muito utilizado pelo povo de Atenas, mas também servia para os gregos betumarem seus navios com a finalidade de protegerem a madeira dos efeitos externos no mar.

Outras transformações também eram conhecidas pelos egípcios a partir do aquecimento do gipso (sulfato de cálcio hidratado) para produzirem o gesso, e também alguns sais, como carbonato de sódio que existiam no Egito no estado natural. Os egípcios e até mesmo aprenderam a produzir vidro utilizando sistema de aquecimento para realizá-lo, mesmo sem um rigor técnico de diferentes transformações, todavia estes processos eram associados a poderes de divindades egípcias.

Mierzecki (1991) também elucida que os egípcios manipulavam medicamentos para o tratamento de enfermidades, por exemplo, tratavam a constipação com óleo de rícino (*Ricinus*

communis) e com folhas de sena (*Cassia acutifolia*); tratavam também a indigestão com hortelã e óleo de cominho (*Carvum cari*). Essas plantas eram usadas na medicina popular, e hoje sabe-se que algumas delas possuíam princípios ativos responsáveis por suas propriedades fisiológicas, por exemplo, o óleo de rícino, contém o ácido ricinoléico e no caso das espécies de *Cassia*, contém glicosídeos de derivados da 1,8-dihidroxi-9,10 – antraquinona (Id.).

Segundo Rooney (2019), foi a partir dos gregos, especificamente a partir da obra de Tales de Mileto (624-544 a. C.) que o homem tentou explicar os fenômenos recorrendo a processos naturais e não ao sobrenatural que era recorrente, pois fenômenos e transformações eram atribuídos a deuses e outras divindades e alegorias. E que a partir daí os filósofos começaram a se questionar por que os materiais com os quais trabalhavam se comportavam de diferentes maneiras, isto é, se principiou investigar a natureza da matéria e de seus componentes, mas a partir do problema da Filosofia e não pela investigação empírica; mesmo assim, várias observações eram realizadas.

De acordo com Maar (2008), Tales foi um dos primeiros no contexto da história da Ciência a realizar o primeiro esboço de uma filosofia da natureza, na qual fazia inúmeras especulações, dentre elas, como o universo se desenvolve, quais propriedades existem em um elemento e sobre a existência de diferenças entre vida e matéria. Destarte, o pensamento sobre a matéria emergiu entre os gregos, e a partir daí surgiram algumas especulações sobre de que a matéria se constituía; uma teoria apontava que a matéria seria contínua e preenchia todo o universo sem lacunas, e outra considerava que a matéria era dividida em partículas polvilhadas pelo espaço vazio.

Na Filosofia grega, esses dois modelos da natureza da matéria faziam parte de um grande debate, pois na primeira metade do século V a. C., Parmênides defendeu que todo o ‘ser’ seria um contínuo único e imutável, todavia para Leucipo e Demócrito, neste mesmo período, toda matéria era feita de partículas minúsculas e indivisíveis que existiam no vácuo, nominadas de ‘átomos’ (VIDAL, 1986).

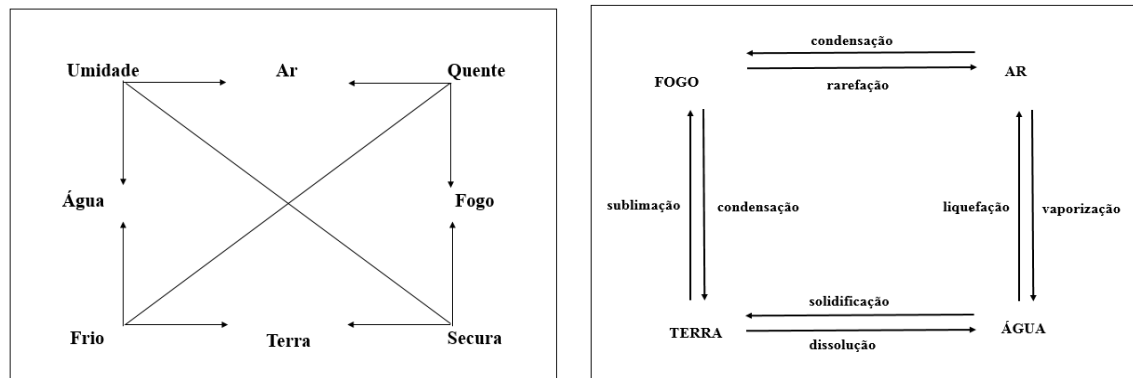
As ideias de Leucipo e Demócrito foram influenciadas por Anaxágoras (500-428 a. C.), um filósofo da Ásia Menor que defendia que a matéria seria infinitamente divisível e composta de variados elementos, com proporções múltiplas, na visão dele, cada partícula da matéria conteria todos os elementos (MIERZECKI, 1991)

Porém, com base no pensamento de Parmênides, Aristóteles (384-322 a. C) rejeitou esse modelo, pois defendia que o vácuo não existia e, para ele, o universo era lotado de matéria contínua. Segundo Rooney (2019), as ideias aristotélicas foram as que predominaram até os séculos XVI e XVII.

De acordo com Maar (2008), as ideias aristotélicas também foram influenciadas por Heráclito (540-480 a. C.), também da Ásia Menor, que dizia que dentre os elementos fundamentais o fogo seria ao mesmo tempo princípio e agente de transformação e defendia a transformação como algo eterno. Esta visão influenciou teorias como a do flogístico de Stahl (1660-1734), conforme ainda discutiremos mais à frente.

Aristóteles, sob forte influência de Empédocles (490-430 a. C.), acreditava que as modificações da matéria ocorriam a partir de mudanças de quatro elementos fundamentais: fogo (quente e seco); ar (quente e úmido); água (frio e úmido) e terra (frio e seco) (conforme ilustrado na Figura 6) e um possível quinto elemento, o éter, também denominado de quintessência, considerado eterno e inalterável. Segundo Maar (2008), até o século XIX os físicos consideravam o éter como necessário para compreensão de muitos fenômenos.

Figura 6: Representações dos elementos



a) Representação aristotélica.

b) Comparação com operações unitárias.

Fonte: Maar (2008).

De acordo com Maar (2008), a teoria dos elementos de Aristóteles previa que todas as substâncias seriam formadas por eles, e nada existiria se não fosse advinda deles. É interessante destacar que para os elementos se transformassem eram consideradas duas forças, o Amor e o Ódio, que eram os principais responsáveis por unir e separar os elementos. Para o autor, esta concepção antropomórfica gerou muitas discussões acerca do que manteria os elementos unidos ou causaria a separação dos componentes de uma substância.

Partindo desses elementos, as transformações em qualquer material aconteceriam quando uma das qualidades do par mudasse de direção, sendo as qualidades consideradas intrínsecas à matéria (AMARAL, 2017). Considerando as ideias de Aristóteles, as transformações podem ser associadas a uma tendência natural da matéria ou a um lugar natural para o qual as coisas se movem.

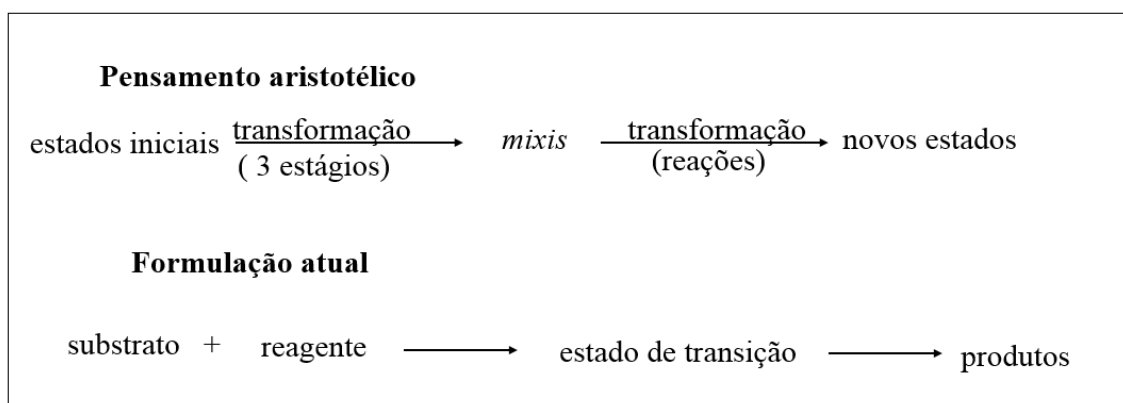
Segundo Vidal (1986), as transformações estavam sujeitas a acontecerem quando cada elemento tendia de forma natural para o seu lugar de origem. Essa ideia era percebida quando

se dizia que o fogo tende a subir por conta da direção do sol, e a terra seguia a direção ao centro. E Maar (2008) também relata que as ideias aristotélicas influenciaram muito a base teórica da transmutação, que foi muito explorada anos mais tarde pelos alquimistas, pois não existia uma relação entre teoria e prática, elas se desenvolviam paralelamente, pois refletia-se sobre a mudança da direção dos elementos, mas não se sabia como e porquê eles ocorriam.

Para Maar (2008), no contexto da história da Química, alguns estudiosos (no período da Idade Média) também buscaram aproximar o conceito transformação ao pensamento aristotélico em uma perspectiva cinética. Isso porque suas ideias de tempo também poderiam pensar em uma transformação. De acordo com o autor, Aristóteles dizia que existiam três etapas na transformação dos corpos; a partir do contato, ação e transformação, propriamente, neste caso, a transformação, seria um processo químico na perspectiva de hoje, mas ele apresentava que a atuação dos elementos de um corpo sobre os elementos de outro corpo fazia com que ocorressem transformações por conta de um *mixis* que originavam novos estados da matéria.

Para tanto, Maar (2008), apresenta a seguinte analogia:

Figura 7: Analogia sobre três etapas da transformação dos corpos



Fonte: Maar (2008).

Assim, segundo Maar (2008), em cada um desses passos, para os adeptos do pensamento aristotélico, poderia uma transformação ser mais fácil de acontecer e outras mais difíceis, considerando o contato, a ação e a transformação para transformação de corpos.

Além disso, sob a ótica de Chassot (2002), essa ideia aristotélica era fator determinante para aquilo que se definia com o que relacionamos hoje para as reações químicas a partir de três tipos de movimentos para os corpos, quais sejam: movimento natural, no qual cada elemento iria se orientar para seu lugar natural, conforme o exemplo anterior em relação ao fogo e o sol; movimento forçado, que seria influenciado por fatores externos e que de certa forma tenderiam a interferir no movimento natural; e, por fim, no movimento voluntário, que

teria forte influência da ação de criaturas vivas.

Segundo Amaral (2017, p. 201), essa ideia ainda hoje é evidenciada quando estudantes expressam que “as transformações ocorrem devido a uma tendência natural ou uma propriedade intrínseca dos materiais”, dessa forma, os educandos não compreendem as reações químicas a partir do ponto de vista atômico molecular, apresentando uma compreensão ingênua ou idealista do processo de transformação. E ainda abaliza a partir de seu estudo sobre o conceito de entropia e espontaneidade que os estudantes são estimulados a pensar nas evidências das reações químicas, sem inferir nenhum questionamento acerca das razões pelas quais elas tenham acontecido, o que categoricamente pode gerar a ideia do caráter espontâneo da ocorrência de uma reação química.

Esse pensamento de tendência natural influenciou muitos momentos históricos, principalmente no período da alquimia em relação à capacidade de um elemento se transmutar em outro (VIDAL, 1986). Nesse sentido, não se pensava nos fatores, mas apenas na existência da transformação.

Assim, pensando no conceito de reações químicas, percebemos que primeiro surgiu a ideia das transformações como algo mais geral e passível de inúmeras observações, do que uma elaboração das razões pelas quais o processo acontecia. Por exemplo, na Grécia antiga, Aristóteles (384-322 a. C.), cerca de 2.500 anos atrás, realizava inúmeras observações e trazia variadas definições, dentre as quais, no processo de produção de vinho normal, ele escreveu sobre a “exalação”, e apontava que existia a produção de uma substância inflamável. Anos depois essa exalação seria o álcool volátil que era formado na produção do vinho, mas que evaporava rapidamente sob o quente sol grego (ROONEY, 2019).

Assim sendo, a partir dessa discussão, verificamos que as primeiras emergências que podem estar atreladas ao conceito de reações químicas referem-se à concepção de transformação. Desse modo, as principais contribuições que podemos elencar são, a relação de observar objetos na natureza e suas possíveis transformações, isso ocorreu com a manipulação do fogo, minerais, metais e de extratos de plantas. E além do mais, é que as transformações estavam atreladas a ocorrência provocadas por divindades, poderes sobrenaturais e alegorias, assim, as transformações dos materiais seriam em detrimento de forças divinas.

Outro ponto que elencamos foi apontar os elementos fundamentais, e que a partir deles tudo que estava na natureza e a humanidade usufruía, eram produzidos por eles. E esse tipo de pensamento, pode ainda influenciar o discurso social atual, quando associam as reações químicas a qualquer mudança e que tudo é uma reação, sem se haver uma preocupação de explicar o que de fato está ocorrendo. E além disso, se pode perceber a ideia de que as

transformações ocorrem como algo natural, como algo intrínseco dos materiais, e que tudo tende a voltar ao seu estado de origem.

5.1.2. Transformações da matéria no período da alquimia

As transformações da matéria também foram objeto de conhecimento no período da alquimia, no qual essas transformações eram buscadas por meio da experimentação e de técnicas tendo como base ideias vindas da teoria aristotélica dos elementos, e também de misticismos atreladas a cultura e da religião de diferentes povos e regiões (AMARAL, 2017).

De acordo com Maar (2008), podemos dividir a alquimia em três estágios; no primeiro ela teria uma abordagem prática, e foi neste ciclo que vários experimentos eram realizados em laboratório e a partir de observações racionais de fenômenos naturais. Assim, um dos principais focos seria encontrar o elixir da longa vida, utilizando-se de vários métodos, inclusive, o da transmutação dos metais.

O segundo estágio se remete à adoção do misticismo nas transformações da matéria, e foi denominado de período da alquimia ascética e mística (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1992). Nesse ciclo, os experimentos eram relacionados à magia e às forças naturais que podiam interferir nas ações executadas pelos alquimistas. Quando nos remetemos aos experimentos, de antemão lançamos as ideias de que as transformações neste período teriam influência direta de alegorias, simbolismos e mistérios.

Nesse sentido, os processos envolvidos estavam associados a sentimentos místicos que levavam estudiosos a pensar em se transformarem espiritualmente enquanto promoviam a transformação da matéria, promovendo o aperfeiçoamento da matéria e de si próprio a partir da utilização de diferentes utensílios alquímicos.

O terceiro estágio diz respeito à alquimia médica, nominada de iatroquímica, na qual buscava-se a preservação da saúde e a cura de doenças a partir da manipulação e mistura de variados tipos de substâncias (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1992, MAAR, 2008). Substâncias estas que eram a base de minerais e extratos de plantas, por exemplo, existia uma base de quatro tipos de drogas, terras que seriam cal, argila de Chipre, gesso e ocre; pedras a partir de matita, piritas e marcassita; sais que seriam sal amoníaco, nafta e soda; e, por fim, metais, tais como enxofre, mercúrio, ouro e prata.

Tal fato também é exposto por Rooney (2019), que diz que os alquimistas fizeram avanços enormes ao descobrir como alguns materiais se comportavam e como fazer compostos químicos novos e, assim, desenvolveram técnicas e equipamentos que ainda são usados até

hoje.

De acordo com Vidal (1986), mesmo considerando diferentes desdobramentos da alquimia, concepções associadas a transformações estavam estreitamente relacionadas com a experimentação, principalmente no que se referia ao que denominamos hoje de reações de combustão, pois já era feita uma reflexão sobre o papel que alguns elementos conhecidos desempenhavam nas transformações da matéria por meio da queima. Para o autor, foi por conta dos alquimistas que a experimentação passou a ser feita com maior rigor, e houve um incremento no uso de equipamentos e métodos para evidenciar as transformações da matéria.

E pensando nos mais antigos alquimistas, podemos mencionar a mais antiga mulher alquimista, Maria, a Judia, chamada também por Maria de Copta, que viveu no Egito ou na Síria por volta de 300 a. C., e também contribuiu para as ideias acerca das transformações químicas, que em sua época tinha a habilidade de manipular várias reações. Segundo o autor, ela realizava experimentos entre sólidos e substâncias evaporadas (gases), e um exemplo dessas reações seria a entre Chumbo e Cobre com vapores de Enxofre e que formava uma massa preta (PbS + CuS), substância correspondente à matéria primitiva.

Vale salientar que o gás como entidade química liberada em experimentos é tido como uma descoberta de Jan van Helmont (1577-1644), no século XVII, mas que no período da alquimia era chamado de *kerotakis*, ideia bem próxima a de gases que discutimos atualmente (MAAR, 2008). Nesse sentido, percebemos que os alquimistas alexandrinos influenciaram muito a alquimia ocidental, principalmente no que diz respeito a explicações de diferentes transformações da matéria.

Ideias como estas, entre tantas outras, influenciaram diferentes alquimistas em variadas regiões do passado, sobretudo a alquimia ocidental que nasceu a partir da coalizão da cultura grega com a tradição sacerdotal do velho império egípcio. Segundo Vidal (1986), a alquimia nos países da Europa foi a que mais profundamente influenciou os estudiosos acerca das técnicas até o que denominamos de civilização científica atual. Assim, é importante destacar que, apesar da coerência da alquimia não se assemelhar categoricamente com a coerência científica, ela possibilitou que o homem compreendesse de alguma forma as particularidades da matéria, bem como a manipulação de objetos alquímicos.

Nessa manipulação de objetos, de acordo com Maar (2008) a alquimista Cleópatra, do século II, (não a Rainha do Egito), mas uma alquimista de Alexandria, deixou registros acerca da obtenção de ouro, nominando-o de (crispéia = obtenção de ouro) a partir de diferentes equipamentos de laboratório, e que trazia a identificação do ouroboros, um símbolo alquimista que além de representar a eternidade, também ilustrava acerca das transformações contínuas da

matéria, inclusive a transmutação.

A transmutação seria a busca contínua de transformar metais, por exemplo, e algumas técnicas eram observadas a partir das mudanças de cor, que segundo Maar (2008) era denominada de tetrasoma, o corpo de quatro membros, uma liga constituída provavelmente por chumbo, estanho, cobre e ferro. Para o autor, existia uma marcha sistemática traçada pelos alquimistas para as transmutações que ajudou no formato de organizar variadas reações químicas contemporâneas, inclusive a natureza cinética de reações e os fatores que influenciam uma reação química.

É interessante destacar que, essa visão de transmutação expressa por Maar, é muito relevante para o conceito de reações químicas, como uma perspectiva incipiente para pensarmos nos diferentes procedimentos experimentais que atualmente são realizados em laboratório se respaldam em observações a partir de mudanças de cores, como por exemplo ponto de viragem em uma titulação ácido e base, bem como na análise de diferentes tipos de extratos naturais, objeto de estudo da Química de Produtos Naturais.

Além disso, tinha a obtenção de substâncias, uma delas era o *Papyrus Graecus Holmiensis*, (álcali das cinzas, KOH), que era obtido a partir de cinza de madeira extraído com água, na qual enriquecia o K_2CO_3 (carbonato de potássio), e esta solução era gotejada sobre cal, conforme expresso na reação organizada em uma visão atual, ilustrada por Maar (2008). De acordo com autor, o KOH até o século XVIII era chamado de “álcali fixo vegetal”.



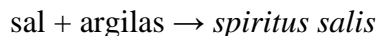
Outros exemplos são os ácidos minerais, que na visão de Maar (2008) foram as grandes contribuições deste período a história da Química. Para os alquimistas, os ácidos minerais seriam ácido sulfúrico, nítrico e clorídrico. O ácido sulfúrico, por exemplo era obtido a partir da combustão do enxofre, e esta técnica é relatada desde tempos remotos a partir de finalidades ritualísticas, mas no caso deste ácido se obtinha SO_2 (nominado na época de vitríolo congelado) a partir da combustão de enxofre em presença de salitre, o que resultava no que eles chamavam de óleo de enxofre (*spiritus sulphuris*) (Id.).

O ácido nítrico (*aqua fortis*) era bastante utilizado para separar o ouro da prata e seria alcançado a partir de corprosa (sulfato ferroso cristalino) e salitre utilizando-se do sistema de destilação, descrito da seguinte maneira (Id.):



Maar (2008) também discorre que o ácido clorídrico (*spiritus salis*), era o menos estudado dentre os ácidos minerais, pois neste período a técnica para sua obtenção era mais difícil. Para o autor era obtido utilizando sal e argilas, também a partir da destilação, conforme

representado a seguir:



A partir destes exemplos, observamos em ideias gerais que as técnicas de obtenção como as mencionadas anteriormente contribuíram para a concepção de equações químicas. Nesse sentido sugerimos que a partir do período da alquimia, foi que alquimistas e demais pensadores passaram a buscar formas de entender e representar simbolicamente algumas transformações químicas.

Além do mais, segundo Hudson (1992), era muito forte o desejo de vários reis em utilizar os conhecimentos dos alquimistas para converter metais em ouro, pois isso poderia aumentar suas riquezas, e esses desejos contínuos sempre faziam menções a aspectos sobrenaturais nos quais essas transformações aconteciam pelos poderes místicos que os alquimistas denteiam, e não apenas ao fato de manipularem técnicas.

Por isso, alguns autores (BENSAUDE-VICENT; STENGERS, 1992, VIDAL, 1992, MAAR, 2008), associam que o caráter místico para as transformações emerge no contexto da alquimia, em que se entendia que toda transformação ocorria por conta de uma essência e, segundo Vidal (1986), as transformações da matéria eram consideradas como fenômenos biológicos nos quais a própria matéria era compreendida como algo vivo. A exemplo disso, Amaral (2017), cita que os metais podiam adoecer e também se curar, e o ouro era entendido como algo perfeito advindo do sol e que as transmutações dos metais ocorriam para retirar as imperfeições, isto é, concedia saúde para o que era qualificado como enfermo.

Nessa linha de pensamento, Vidal (1986), também menciona que o nível de saúde e perfeição entre os metais era determinado a partir da quantidade de enxofre e mercúrio que neles continha como forma de hierarquizar o nível de perfeccionismo. E segundo o autor esta relação hierárquica também existia entre os astros, uma vez que o ouro era produzido pelo sol e a prata pela lua.

Na alquimia, as transformações que ocorriam, especificamente entre os metais, não eram explicadas a partir de teorias explicativas racionais, mas tudo que se transformava era a partir da vontade de alguma divindade ou até mesmo pela tendência do próprio material. Nesse ponto de vista, para Vidal (1986), a ideia do elixir da vida advindo da alquimia islâmica, assim como poderia permitir que os metais se curassem e perdessem suas impurezas quando se transformassem em ouro, também faria com que o homem considerasse que poderia se purificar e se transformar da mesma forma que transformava a matéria, passando de algo vil a nobre.

A pedra filosofal tinha esse mesmo sentido, e de acordo com Maar (2008), era entendida como a sublime quimera de que o espírito humano tinha necessidade e era obtida de forma

ritualística. Para fazer a pedra filosofal seria necessário tomar o mercúrio dos filósofos e calciná-lo até transformá-lo no leão verde, e logo em seguida seria preciso calcinar novamente até que chegasse no leão vermelho. Depois de obtido, deveria digerir o leão vermelho em banho de areia com espírito azedo de uvas, e logo após evaporar o produto o mercúrio se converteria em um tipo de material elástico, tipo uma ‘goma’, que poderia ser cortada à faca e posteriormente, utilizando uma cucúrbita fechada, efetuar-se a destilação.

De acordo com Mierzecki (1991) o mercúrio dos filósofos seria o chumbo, que quando passa por calcinação oxidava-se e se convertia em monóxido de chumbo (leão verde), e após uma outra calcinação o PbO se converteria em Pb_3O_4 , que seria o leão vermelho. Já o espírito azedo da uva seria o vinagre, que faz com que o óxido de chumbo se dissolva e que após o líquido evaporar teria como produto uma massa de acetato de chumbo. Assim, a destilação de acetato de chumbo (espírito azedo) pode resultar em vários produtos, entre eles a água contendo ácido acético e acetona, acompanhadas por um pouco de óleo vermelho ou marrom.

A descrição da obtenção da pedra filosofal é algo muito importante para a ideia do conceito de reações químicas, pois todo o passo a passo anteriormente apresentado aponta as técnicas acerca da utilização de reagente e produtos, e nossa perspectiva atual, o que novamente aponta outra contribuição significativa da alquimia para o conceito em discussão.

Vale salientar que outras técnicas eram utilizadas, porém alguns alquimistas não sabiam explicar as razões e buscavam explicações a partir da essência desses materiais. Diante disso, no contexto da alquimia, algumas substâncias se transformavam ou desapareciam apenas a partir das modificações em suas formas ou propriedades, mas que mantinham sua base e sua essência (VIDAL, 1986). Vidal (1986), também menciona que toda essa investigação sobre a natureza das transformações e identidade dos corpos tornaram-se dispersas, pois não existia uma estrutura teórica para embasá-las.

De toda forma, estes modos de entender as transformações influenciou no desenvolvimento da Química gerando três correntes, quais sejam: a química técnica, em que se enfatizava o resultado das experiências em detrimento das ideias elaboradas sobre elas; a química de preparação de novos produtos, a partir da criação de métodos na obtenção de substância, por exemplo, o ácido sulfúrico, bem como abriu-se espaço para estudos acerca da identidade e propriedade das substâncias; e, por fim, a química das combustões, que inicialmente estavam impregnadas pelas ideias aristotélicas dos elementos e pelas concepções animistas da alquímica, mas que contribui a *posteriori* com o reconhecimento dos papéis de alguns elementos nas transformações, por exemplo, a importância do ar nas reações de combustão (VIDAL, 1986).

Sendo assim, a partir da discussão exposta, verificamos que o período da alquimia foi primordial para a gênese do conceito de reação química, apesar de ser relacionado a transformação da matéria, neste período podemos destacar a ideia de que as transformações ajudavam nas explicações de fenômenos, que foi influenciada tanto a partir de magia, misticismo, sentimentos sobrenaturais, como também por forças naturais ou ocorrência natural sem interferência do homem.

Ademais, no período da alquimia, as transformações passaram a ser entendidas como algo que poderia ser observado e manipulado, assim, uma visão experimental para o conceito de reações químicas nasce na alquimia, principalmente pelo uso de extratos de plantas na produção de remédios. Outra característica acerca desse caráter de prática experimental foi a sistemática das nominadas transmutações que neste período também foi tratada como termos iguais, que necessitavam da observação externas, que eram registradas por cores, mudança físicas, e se não ocorresse mudanças perceptíveis significaria que a matéria desaparecia, apontando um olhar intuitivo para as reações químicas, em uma ótica contemporânea e até mesmo sensorial.

Outra questão que acreditamos que foi importante advinda do período da alquimia, foi os primeiros passos de representações, pelas ilustrações de processos, de utensílios, da necessidade de nominar para classificar, e assim diferenciar as transformações de sua época, a exemplo disso, foi a obtenção de *aqua fortis* (ácido nítrico), *spiritus salis* (ácido clorídrico), corprosa (sulfato ferroso cristalino). Por fim, ainda na alquimia, atribuíam-se as transformações características humanas, como se fosse algo vivo, e capaz de purificar os seres humanos, apontando assim, características animistas para as transformações, que influenciaram o conceito de reações químicas, e ser também conectado a atributos humanos (SILVA, 2008).

5.1.3. O conceito de reações químicas entre os séculos XVI e XVII

De acordo com Bensaude-Vicent e Stengers (1992), a partir do século XVI a Química se torna eminentemente prática, influenciada pela Revolução Científica e buscando tratar das transformações de forma mais objetiva e materialista.

Maar (2008) cita um médico que se utilizava dos conhecimentos químicos de sua época, Hieronymus Brunschwigk (1450-1513), que publicou “*Liber de arte Distillandi de compositis*”, o *Grande Livro da Destilação*, que também tratava do caráter experimental e da mistura de águas de espécies vegetais para fazer medicamentos a partir de plantas. Esses medicamentos

eram obtidos a partir da maceração de plantas e eram misturadas com água e álcool antes da destilação; essa técnica hoje nominamos de destilação por arraste de vapor (Id.).

Destarte, nesse período se destacava a quimiatria, a química dos medicamentos, que foi profundamente influenciada por Paracelso (1493-1541). Para ele, a atividade experimental era muito importante para se desenvolver diferentes produtos químicos (VIDAL, 1986) e, além disso, por meio da atividade médica dos químicos se pode estabelecer relações entre os diferentes tipos de substâncias, nas quais se pode observar que a forma que elas reagiam experimentalmente estaria ligada às propriedades que nelas continham, isto é, espécimes de um dado indivíduo químico (substâncias na linguagem de hoje) diferente não tinham as mesmas propriedades, e que quando ela fosse entendida como ‘pura’ sempre teria as mesmas propriedades, tanto qualitativa quanto quantitativamente.

Vidal (1986) ainda argumenta que o experimentador deveria ter conhecimento acerca da identidade dos diferentes corpos que manipularia, inclusive o estado das misturas. Nesse sentido surge, então, as ideias de que para ocorrer uma transformação química é necessário conhecer as propriedades das substâncias, e que esta informação poderia informar se ela pode ocorrer ou não, bem como demonstra que uma transformação química seria a mistura de substâncias com corpos previamente identificados.

Paracelso foi um alquimista que acreditava na transmutação, bem como buscava compreender o lado prático e pragmático das transformações químicas e dos fenômenos da natureza, refletindo acerca do dia a dia, mas sem deixar de lado o caráter místico, simbólico e hermético (MAAR, 2008). Ademais, propôs a *tria prima*, três princípios, quais sejam: o sal, princípio do fixo e da incombustibilidade; mercúrio, princípio da fusibilidade e da volatilidade; e o enxofre, princípio da combustibilidade (Id.). Vale destacar que o sal, o mercúrio e o enxofre não são as substâncias que conhecemos por esses nomes, eles eram apenas princípios.

As ideias de Paracelso influenciaram muitos estudiosos da época, pois ele se destacou na manipulação de remédios. Ele até propôs explicações para definir como se deveriam reagir diferentes espécimes químicas, conforme ilustrada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Espécimes utilizadas para os remédios de Paracelso

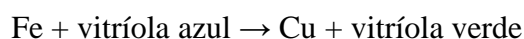
	Cloreto	Nitrato	Sulfato	Coloidal
Ouro	+			
Prata	+ (?)	+		
Mercúrio	+	+		
Cobre	++	++	++	

Ferro	++	++	++	
Chumbo	+	+		
Estanho	+(l)	+		

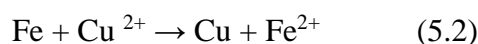
(++ significava o uso de mais de um composto; (l) cloreto de Sn II e Sn IV. (?) significava duvidoso.
Fonte: Maar (2008).

Segundo Maar (2008), mesmo Paracelso considerando a *tria prima*, e esta sendo inconsistente com a manipulação das espécimes químicas para manipulação de remédios, ele buscava observar e julgar as características de cada uma delas a partir de dados empíricos.

Essa forte influência de Paracelso fez com que Andreas Libau ou Libavius (1550-1616) conhecido como maior Químico Inorgânico de seu tempo (Id.), a partir de sua obra “Alquimia é a arte de extrair magisteria e essências puras das substâncias complexas” trouxe a ideia de reação de cementação, que seria um tipo de transmutação, conforme ilustrada a seguir:



Libavius acreditava que a transmutação servia para compreender a conversão de metais em seus respectivos óxidos por meio do processo de aquecimento ou a partir da precipitação de cobre em soluções por ação do ferro (MAAR, 2008). Por isso, a cementação seria a solução de vitriolo azul (sulfato de cobre) transformando o ferro e o cobre com liberação de vitriolo verde (sulfato de ferro II), de acordo com a exemplificação de Química contemporânea seguinte:

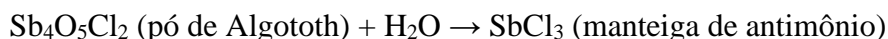


Assim sendo, Libavius também contribuiu com o entendimento do conceito em discussão, trazendo uma das primeiras distinções especificações de reação, neste caso, reação de cementação, que foi corroborada a partir de sua obra nominada de “*Alchymia*” publicada em Frankfurt em 1597, discutindo a preparação de muitos compostos a partir de seus modelos de reações, e que é considerado o primeiro livro-texto da Química (MAAR, 2008).

Outra obra que também trouxe contribuições para o conceito de reações químicas, conhecida como a primeira monografia da Química, foi publicada por Johann Thölde (1565-1614) em 1604, “A carruagem triunfal do Antimônio”, que apesar das controvérsias da autoria, defendida por alguns autores como sendo um escrito do monge Basílio Valentino (por volta de 1415), apresentou ideias significativas para o conceito aqui problematizado.

De acordo com Maar (2008), o termo carruagem seria a descrição de modo de preparação, ou seja, carruagem seria a junção de alguns compostos para produzir a manteiga de antimônio. Nesse período, o antimônio era usado na medicina, da qual originaram-se diferentes remédios, tal como o “pó de Algototh” (o oxiclreto de antimônio $\text{Sb}_4\text{O}_5\text{Cl}_2$), que quando

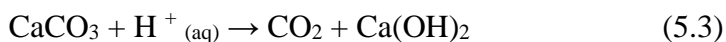
colocado na presença de água sofria hidrólise transformando-se em tricloreto de antimônio, nominado na época de manteiga de antimônio (MAAR, 2008):



Conforme podemos observar, a reação ilustrada já trazia um destaque para outro tipo de reação química, sendo esta a partir da hidrólise. De fato, não seria a forma que compreendemos atualmente, mas ajudou outros pensadores a tratar a natureza das reações químicas, sobretudo, na equação química e suas propriedades.

Com o passar dos anos, outros estudos foram divulgados, e os conhecimentos químicos passaram a incorporar as universidades, bem como passaram a ser discutidos pelas Academias de Ciências, abandonando de certa forma as características advindas da alquimia. Dentre os muitos estudos, situamos as ideias de Helmont, que realizou estudos sobre os gases a partir da observação do gás silvestre (MAAR, 2008).

No estudo de Helmont, foram sistematizadas diferentes formas de obtenção de gases, especificamente do gás silvestre, CO_2 , em que ilustrou alguns tipos de reações químicas nas quais ele conseguia observar a presença de dióxido de carbono (Id.). Assim, ele descreveu que para se obter gás silvestre poderia utilizar-se da combustão de madeira, álcool, entre outros materiais orgânicos, por exemplo, a partir da reação de conchas com vinagre, que na linguagem química atual seria:



Outro exemplo seria a partir da reação entre sal amoníaco e água-forte (HNO_3), conforme ilustrada a seguir a partir da definição química contemporânea (MAAR, 2008):

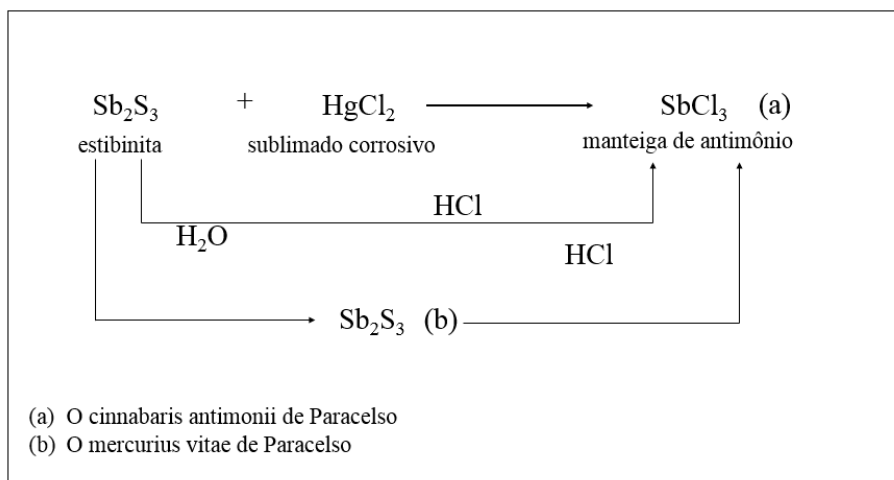


Conforme podemos verificar, Helmont, reforçou o conceito em tela, principalmente para a construção das ideias a partir da sistematização de reações com gases, e apesar de ele não se referir acerca do dióxido de carbono em sua obra, pois se deteve as manifestações do espírito ou gás silvestre, trouxe fatos importantes para a história da Química.

Outra estrutura de sistematização foi elaborada por Johann Rudolf Glauber (1604-1670), um barbeiro de sua época que cabia às tarefas de dentista e de cirurgião, e realizou estudos de variados compostos químicos, e inclusive mostrou que algumas substâncias descritas por Paracelso existiam de fato (MAAR, 2008).

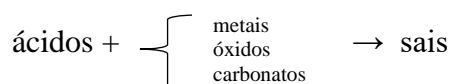
Glauber, em 1648, por exemplo, ilustrou por meio de um ciclo de reações que nem o *cinnabaris antimonii* e nem o *mercurius vitae* de Paracelso continham mercúrio, e ainda preparou manteiga de antimônio de outra forma, conforme apresentado a seguir:

Figura 8: Representação do ciclo de reações de Glauber



Fonte: Maar (2008).

Além disso, segundo Maar (2008), ele elaborou ciclos de reações, que são utilizados até hoje, para obtenção de sais, conforme ilustramos a seguir.



Assim, foi com algumas destas reações que Glauber percebeu que sais podem às vezes reagir entre si formando novos sais, o que hoje reconhecemos e classificamos como reações de dupla troca, seguindo a mesma ideia da produção de manteiga de antimônio, que foi ilustrada anteriormente. Nesse sentido, segundo Maar (2008), foi por essas ações sistemáticas que Glauber conseguiu a obtenção de sais purificados pela primeira vez na história da Química, a partir da sistematização de ciclos de reações. Entre os sais obtidos por ele, podemos citar o sulfato de cobre anidro e o cloreto de estanho II, SnCl_2 , que ele nomeou de “azeite de calamina”, o nitrato de amônia, NH_4NO_3 , o *nitrum flammans*, e o sulfato de amônia, *sal ammoniacum secreti Glaberi*, por meio do sistema de reação do ácido sulfúrico com amônia.

Glauber também foi o responsável por usar o desprendimento de um gás como CO_2 para indicar a finalização da ocorrência de um tipo de reação por volta de 1658, que hoje denominados atualmente de reação de neutralização, e ele propôs que deveria “adicionar *liquor nitri fixi* (K_2CO_3) lentamente gota a gota ao *spiritum nitri* que foi recolhido na destilação (HNO_3), até que a efervescência provocada pela adição cesse e ambas as naturezas desagradáveis, ou seja, o *spiritus acidus* e o *liquor fixus* tenham se aniquilado mutuamente” (MAAR, p. 388). Assim considerando a evidência supracitada, podemos representar da seguinte forma a reação, em uma visão contemporânea, considerando que quando o CO_2 cessar de

borbulhar a reação estaria completa.



Considerando as ideias para o conceito de reações nesse período, também temos Nicolas de Lémery (1645-1715), que de acordo com Maar (2008) foi um atomista, mas a partir de suas próprias teorias, nas quais propôs a teoria corpuscular, entendendo que as propriedades dos corpúsculos seriam determinadas pelas formas dos próprios corpúsculos. Para o autor, na visão de Lémery “os ácidos ‘queimam’ e ‘ardem’ e têm sabor acre porque seus corpúsculos são pontiagudos, e reagem com álcalis por estas pontas ‘penetram’ nos corpúsculos porosos dos álcalis” (p. 405). Conforme podemos verificar, existe uma ideia implícita para uma reação química, compreendendo a interação dos ácidos com álcalis, mas considerando a existência de forma física, como pontiagudo e corpúsculo poroso, para possibilitar a ocorrência de uma reação.

Ainda sobre a ocorrência de uma transformação química, um químico que também trazia uma valorização Química prática foi Wilhelm Homberg (1652-1717), que de acordo com Maar (2008) ajudou na difusão das ideias do atomismo de Boyle e foi responsável pela distinção entre as reações na qual as definiria como uma ação de uma substância sobre outra, de operações, pois alguns estudiosos nominavam os processos de transformações de substâncias. Nesse caso, ele descreveu que as operações seriam apenas os procedimentos de preparação, a manipulação de materiais. Além do mais, realizou experimentos sobre combustão e calcinação, e descreveu que o sal seria um produto da reação de um ácido com um álcali, fazendo uma das primeiras sistematizações para uma reação que atualmente nominados de neutralização.

Assim, considerando as contribuições de variados autores da Química/Alquimia, percebemos que o século XVII foi marcado como um período no qual o caráter experimental e a busca contínua por dados empíricos para explicar as transformações químicas foi objeto de estudos de muitos estudiosos. Além disso, de acordo com Mierzecki (1991) muitos estudiosos nesse período, além da insistência para explicar as reações, deram início, por exemplo, à elaboração de sistemas de reações na obtenção de substâncias para serem utilizadas em fábricas e artigos de comércio que eram exportados também para diferentes regiões. Em suma, essas técnicas contribuíram para os conhecimentos da Química e da Medicina, bem como da mineralogia e metalurgia ao longo dos anos, apontando caminhos para entender a natureza das reações, suas propriedades, aspectos qualitativos e também quantitativos. O que nos mostra que o conceito em discussão foi se desenvolvendo no decorrer dos séculos.

É importante salientar, que a aplicação de diferentes transformações químicas, foi primordial para atrelar a ideia de que elas tinham um caráter pragmático, como algo útil e

necessário para a vida das pessoas, e isso foi visto não apenas na aplicação em fábricas e produtos para a comercialização e consumo, mas também na produção de determinados remédios, buscando fazer da transformação química algo que ajudasse curar pessoas de enfermidades, i. e., salvar vidas.

Mas, precisamos entender que no século XVI as transformações ainda tinham uma relação com transmutação, como a reação de cementação, e além do mais, a partir das observações das conversões de metais, que seria uma espécie de transmutação provocada por aquecimento e precipitação. O que nos sugere visões que tanto se alinham a uma ótica sensorial realista, quanto empírica. A visão sensorial, seria por conta de observações genéricas, que se observava o resultado, a cor, ou que ‘queimavam no contato’ ou ‘ardiam’ sem se deter aos processos. Entretanto, outros estudiosos, já se atentavam ao caráter prático experimental, buscando explicar as propriedades, explicações para determinadas técnicas laboratoriais, a partir de uma ótica mais baseada em experiências.

E considerando essas práticas, no século XVII houve sistematização de ciclos de reações, que na perspectiva da Química atual, foi muito importante para testagem de diferentes técnicas experimentais, principalmente, olhando para a produção de conhecimento, e para isso, podemos citar as explicações das transformações químicas com formação de gases, na qual fazia-se alusão do CO_2 como resultado de finalização de processo experimental. Deste modo, tais fatos foram tão válidos, que neste período houve os primeiros livros textos e monografias, e outras publicações, as quais promoveram a incorporação do termo transformação química, para explicar reações de neutralização, por exemplo, em uma linguagem atual.

Assim, os séculos XVI e XVII, foram importantes para o conceito de reações químicas, pois além de trazer esse forte embargo de uma empiria alinhada à técnicas experimentais, destacou-se também pelo cuidado em explicar os processos, na linguagem e compreensão de cada período, e tal fato, expressivamente influenciou o entendimento que a manipulação experimental resultaria na geração de produtos. Mas vale ressaltar que, não existia nenhuma evidência sobre a expressão reação química, mas apenas transformações químicas, e em alguns registros, reações, conforme foram mencionados anteriormente nesta seção, mas foram entendimentos muito necessários, sobretudo, quando discutiam e refletiam sobre as propriedades das substâncias que geravam produtos.

5.1.4. O conceito de reações químicas a partir do século XVIII

Segundo Bensaude-Vicent e Stengers (1992), o século XVIII, trouxe fortes características dos períodos anteriores, mas vigorava-se bastante as ideias de Francis Bacon

(1561-1626), em que as transformações químicas estavam arraigadas em ideias empiristas, nas na prevalência da observação e indução. Dessa forma, o indutivismo influenciava muitas pesquisas, e a observação tinha um valor bastante forte na caracterização de diferentes processos químicos.

Dentre esses processos, podemos citar uma das primeiras impressões de Georg Ernst Stahl (1659-1734), que na tentativa de explicar as transformações químicas, ele definiu a existência da transformação química como uma mistura, que ele chamou de mistura de princípios de substâncias. E seu pensamento estava cunhado pela prática empírica, mas levando em consideração as propriedades das misturas, e o resultado, a partir de relações quantitativas (HUDSON, 1992).

Torbern Bergaman (1735-1784), foi outro grande estudioso deste período em que, pela influência dos estudos de Newton, esse sueco realizou grandes experimentos de análise química, nominado análise via húmida com minerais. Para Bensaude-Vicent e Stengers (1992), Bergaman, buscava explicar as transformações químicas considerando a existência de uma atração química, assim, em seus estudos analíticos via húmida, apontava que existia uma relação quantitativa a partir de diferentes concentrações dos experimentos, mas que isso ocorria por conta de atração dos constituintes inseridos, e que mesmo compreendendo que a temperatura influenciava nas transformações, a atração química era o fator principal na obtenção de materiais experimentalmente.

Assim, de acordo com Maar (2008), o século XVIII foi um período marcante, pois a Química passou a ser considerada Ciência, e também partir da formulação de teorias como a do flogístico e das afinidades, mudanças significativas na discussão de experimentos e procedimentos empíricos foram propiciadas. Além do mais, apesar de a Quimiatria ainda estar presente, pois alguns estudos perduraram até 1730, a partir dos remédios químicos no tratamento de variados processos fisiológicos da época, foi neste período que a Química se distanciou da Medicina, passando estas questões para os estudiosos dessa área (Id.).

De acordo com Maar (2008), foi neste século que se formularam teorias para tentar melhor entender fenômenos químicos, entre eles, as transformações químicas como calcinação dos metais e a obtenção de alguns metais, que nominamos de reações de oxidação e redução, bem como de combustão, fermentação e outras. Ademais, tornou-se cada vez mais necessário explicar as propriedades destes tipos de transformações para que assim apontasse uma forma mais sistemática de se entender o que nominamos de reações químicas.

Assim, no século XVIII com a Revolução Industrial houve uma aceitação das Leis da Química, considerando a importância dos estudos de Boyle, nos quais se destacavam a

necessidade de estabelecer relações quantitativas para se conhecer fenômenos químicos e os constituintes das substâncias compostas. Além disso, registra-se o destaque do conhecimento químico acerca das contribuições de Joseph Black sobre os estados físicos da matéria (Id.).

Segundo Amaral (2017), entre os séculos XVIII e XIX, muitos estudiosos apontam que havia a compreensão de que as transformações químicas aconteciam a partir de uma afinidade química. Todavia, essa ideia foi modificada por volta de 1870, a partir da aplicação dos princípios termodinâmicos à Química, que permitiu que os estudiosos da época reconsiderassem a ideia da afinidade química como condição para a ocorrência de uma reação química, conforme ainda iremos explicar de forma mais detalhadas nas próximas seções.

Entretanto, de acordo com Maar (2008), antes dessa modificação, por volta de 1809, Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) publicou uma obra chamada “As afinidades Eletivas”, que apesar de ser um romance estabeleceu um esquema de relações de tração e repulsa por meio da exemplificação de pares de diferentes casais, como forma de demonstrar as afinidades químicas entre várias espécies, conforme expressa a seguir:



Diante disso, conforme expressa Maar (2008), seria uma forma de explicar, na ótica de uma antropomorfização, o que ocorre entre os reagentes químicos (na linguagem atual), na qual Goethe buscou explicar os trabalhos experimentais sobre afinidade se guiando pelos estudos de Bergman que em 1775 havia publicado a obra “Investigações sobre afinidades eletivas”.

Para Maar (2008, p. 442), os estudos das afinidades químicas ajudaram a abandonar as ideias dos gregos de que “o amor e o ódio eram os responsáveis pela existência ou não das transformações químicas”. Nesse sentido, houve uma evolução sobre a complexidade de se entender os conceitos, sendo então necessárias mais investigações de práticas experimentais para a formulação de teorias e modelos.

Ao pensarmos essa prática experimental, de acordo com Hudson (1992), ela começou a ser mais robusta e se fortaleceu a partir dos estudos de Robert Boyle (1627-1691) pelo rigoroso método de interpretação dos experimentos que ele usava, por exemplo, Boyle buscava investigar o porquê uma transformação química ocorria e como ela ocorria. Assim, para o autor, alguns estudiosos consideravam que as transformações químicas ocorriam em consequência da atração entre substância como uma ação de forças. Todavia, de acordo com Maar (2008), essas respostas foram dadas eficientemente quando a Termodinâmica ofereceu uma explicação racional, matemática e demonstrável, conforme apresentaremos em subseções a seguir.

Para Justi (1998), desde os gregos os fatores que poderiam influenciar na ocorrência das transformações eram discutidos a partir da identificação de diferenças, similaridades (afinidade)

e interações entre os materiais transformados. Segundo a autora, o desenvolvimento de ideias sobre afinidade química contribuiu para futuros entendimentos sobre termoquímica, estereoquímica e ligações químicas que fundamentam a compreensão sobre o que hoje nominamos de reações químicas.

Vidal (1986), menciona que as ideias sobre a afinidade química entre as substâncias foram estabelecidas para se contrapor às ideias das transmutações dos metais, a partir dos estudos de Joachim Junge (1578-1657). Este estudioso propôs uma nomenclatura para uma reação entre uma haste de ferro em sulfato de cobre, e nominou como uma permuta entre o Ferro e o Cobre. Segundo o autor, Junge organizou a concepção de elemento como sendo uma substância que não poderia sofrer decomposição e supôs que existia algo, que chamou de “apetite ou potência”, que fazia com que diferentes corpos químicos pudessem se unir; todavia, tal característica ainda estava imbricada de inspirações animistas para as transformações químicas.

Outras ideias acerca da afinidade entre partículas existiram especificamente no período em que René Descartes (1596-1650) realizara seus estudos, nos quais resgatou a teoria dos elementos, mas também a associou a um pensamento mecanicista da constituição da matéria. Nesse sentido, ele trouxe a concepção de que todo espaço tinha matéria, o que, por sua vez, era formado por partículas de tamanhos diferentes e em constante movimento que eram indefinidamente divisíveis, tal como a matéria.

Segundo Partington (1989), esse pensamento de Descartes influenciou outros como por exemplo Robert Boyle (1627-1691), que falava sobre uma possível existência sobre afinidade química, mas que foram as ideias de Isaac Newton (1642-1727) que afirmava que as substâncias interagiam com outras a partir de uma afinidade, e a partir da concepção de forças de atração e repulsão às partículas da matéria, que foi aceita na Química. Todavia, o debate em torno da afinidade química entre as substâncias não colocava em questão a natureza das forças de atração e repulsão de Newton.

Ainda no pensamento de Newton, segundo Maar (2008), a afinidade seria um conceito intuitivo buscando compreender a composição, origem e destino das coisas materiais para se chegar ao entendimento acerca das transformações que neles ocorriam, e para tanto se especulava se as causas seriam pela afinidade e pela aversão entre os materiais. E o autor ainda expressa que as primeiras ideias sobre afinidade e atividade química que antecederam Newton estariam alinhadas a características místicas e simbólicas, tais como a oposição de amor e ódio entre as substâncias, bem como ‘igual amaria igual’, portanto, as substâncias iguais teriam um afeto, benquerença para poderem reagir.

Maar (2008), em outro exemplo, menciona que o alquimista greco-alexandrino Zózimo apontava ideias que se aproximavam da afinidade para pensar na união de diferentes materiais; para ele os espíritos invisíveis, por conta de sua natureza, tais como mercúrio, arsênico e enxofre, apresentariam uma ação sobre os metais, que permitia que eles se ligassem a diferentes corpos, i. e., aos metais, pelo motivo de existir uma afinidade entre eles. Além disso, outro exemplo para o autor era o alquimista Geber no início do século XIV, que organizou as reações com mercúrio a partir de suas capacidades de serem calcinados (reagir com o oxigênio na linguagem atual) considerando uma ordem decrescente de afinidade. Diante disso, alguns metais que utilizaram o mercúrio para verificar a capacidade decrescente de sofrer amalgamação foram postos da seguinte forma: Au > Sn > Pb > Ag > Cu > Fe.

A partir desses exemplos, podemos verificar que as ideias de afinidade foram se moldando com o passar dos séculos, de alguma forma ajudando a pensar as transformações químicas. Por isso, de acordo com Partington (1989), a ideia da afinidade entre substâncias para permitir as ocorrências das transformações químicas foi tão densamente explorada, que tabelas químicas foram determinadas empiricamente.

A primeira tabela, segundo Maar (2008), foi proposta pelo químico de farmacêutico francês Etienne François Geoffroy (1672-1731), na qual expressava que existiam atrações fixas entre os corpos, podendo ser verificado empiricamente. E além disso, na sua tabela “*Table des différents rapports observes em Chimie entre diferentes substances*” publicada em 1718, ele usou o termo *rapport* (relação) em vez de afinidade, considerando a aceitação da comunidade científica francesa da época.

Figura 9: Primeira tabela de afinidades

*TABLE DES DIFFERENTS RAPPORTS
observés entre différentes substances.*

☉	☽	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃
♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃	♄	♅	♁	♂	♆	♃

☉ Eprits acides ♁ Terre absorbante ♁ Cuivre ♁ Soufre mineral.
 ☽ Acide du sel marin. SM Substances métalliques ♁ Fer ♁ Principe huileux en Soufre Principe
 ♁ Acide nitreux ♁ Mercure ♁ Plomb ♁ Esprit de vinaigre.
 ♁ Acide vitriolique ♁ Regule d'Antimoine ♁ Etain ♁ Eau.
 ♁ Sel alkali fixe ♁ Or ♁ Zinc ♁ Sel.
 ♁ Sel alkali volatil ♁ Argent ♁ Pierre Calaminative ♁ Esprit de vin et Esprits ardens.

Fonte: Maar (2008).

Para Maar (2008), a tabela de Geoffroy relaciona em 16 colunas e 16 substâncias e

determina empiricamente as reatividades entre elas, e em cada coluna é apresentada a afinidade para as substâncias na configuração decrescente de cima para baixo, em que “quando duas substâncias com alguma tendência a se combinarem estão reunidas e encontram uma terceira afinidade maior com alguma das primeiras, ela se combina com alguma destas, deixando livre a outra” (p. 453). Assim, mesmo considerando a importância dessa tabela, vale ressaltar que ela apresenta algumas limitações, pois não conseguiam explicitar os fatores que possivelmente influenciavam na afinidade entre duas substâncias, mesmo compreendendo que características fenomenológicas de alguns ácidos, sais e álcalis.

Para Hudson (1992), essas tabelas de afinidade ilustravam uma forma de sistematização sobre as reações que poderiam ser chamadas de deslocamento, e assim as transformações químicas eram compreendidas como o resultado da atração entre partículas dos reagentes, e a ação decorrente das forças atrativas. Destarte, as definições em torno da afinidade e atração de partículas, pensando na história da Ciência, influenciou bastante a visão de muitos estudiosos principalmente na interpretação do fenômeno da afinidade química para explicar as reações, como por exemplo, as reações ácido-base. Por isso, Mocellin (2006) destaca que a tabela de Geoffrey foi bastante relevante, pois muitos estudiosos da Química conseguiram agrupar diferentes informações para interpretar e uma série de reações químicas.

Maar (2008) também aponta que o estudo mais detalhado da afinidade entre as substâncias foi o de Pierre Joseph Macquer (1718-1784), que junto a Antoine Baumé (1728-1804), publicado em 1749, na obra “*Elements de Chymie Théorique*” apresentaram a existência de 7 tipos de afinidade, conforme apresentamos na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2: Tipos de afinidades de Macquer

Tipos de afinidade	Características
Afinidade de agregação (<i>Affinité d'aggregation</i>)	Ocorre o acúmulo de matéria em corpos homogêneos, i. e., se observava o crescimento da quantidade de uma dada substância.
Afinidade de composição (<i>Affinité simple de composition</i>)	É a agregação com formação de substâncias químicas heterogêneas, neste caso, se verificava a formação de compostos químicos com base em seus constituintes, por exemplo, $A + B \rightarrow AB$.
Afinidade complexas (<i>Affinité composées</i>)	Envolvia duas ou mais espécies diferentes.
Afinidade de meio (<i>Affinité d'interméde</i>)	Em um determinado meio (sistema) permitia que surgisse afinidade entre espécies. Por exemplo, se teria afinidade pelo meio alcalino (solução alcalina), todavia, não teria pela água.
Afinidade de decomposição	Seria uma forma de decompor uma mesma espécie.

<i>(Affinité de décomposition)</i>	
Afinidade recíproca <i>(Affinité reciproque)</i>	<p>Uma substância apontava não ter afinidade por uma espécie, mas mostrava interagir por uma terceira substância pela questão da afinidade. Por exemplo, a prata não teria afinidade com HCl, entretanto, o tratamento prévio da prata com HNO₃ estabeleceria uma ‘predisposição’ para reagir com o espírito de sal e formar a <i>luna córnea</i>.</p> <p>Ag + HCl → sem afinidade (não reage)</p> <p>Ag + HNO₃ → Ag⁺ HCl AgCl</p>
Afinidade dupla <i>(Affinité double)</i>	<p>Uma espécie de substância tem afinidades quando existe mais de uma substância que ela tem afinidade, por exemplo, a substância A não tem afinidade nem por B nem por C, todavia, apresenta afinidade por B + C quando estão juntas na reação:</p> <p>A + B → sem afinidade</p> <p>A + C → sem afinidade</p> <p>A + B + C → ABC</p>

Fonte: Maar (2008).

Essa síntese acerca das afinidades contribuiu para variados estudos, principalmente acerca do conceito de reações químicas, uma vez que apontavam formas próximas de sistematizar alguns tipos de reações que são discutidas em livros didáticos tais como síntese, análise, simples troca e dupla troca, entretanto, é necessário destacar que ainda neste período as ideias e definições acerca das reações químicas ainda estavam sendo discutidas a partir dessas definições. Dessa forma, percebemos que o estudo de Macquer foi crucial para a visão de reações químicas como uma forma de classificação, mediante uma representação. E essa características, influencia ainda na atualidade, tendo em vista que livros do Ensino Superior de Química ratificam esse modelo, todavia, a partir de uma visão e aprofundamento científico atual.

E ainda, de acordo com Mocellin (2006), essa tabela expôs uma das tentativas de ilustrar a existência de uma quantificação para diferentes tipos afinidades. Para o autor, essas tentativas foram bem recorrentes, tanto que em torno de 1776, Guyton de Morveau (1737-1816), considerando a ideias das forças newtonianas, realizou a medição da força mecânica para promover a separação de placas de distintos metais do banho de mercúrio em que eram colocadas para flutuar, bem como fez algumas relações entre dois corpos tentando quantificar a afinidade a partir de operações de substituição ou deslocamento.

É interessante percebermos que essa busca pela quantificação se apresentava como

relação de pensar as transformações químicas por meio de relações matemáticas. De tal modo, existe um cuidado mais racionalista para entender as transformações químicas e seus resultados, em uma ótica formalista, que Bachelard (1996) aponta como uma ideia aproximar quantificações matemáticas para explicar o conhecimento científico.

E uma outra questão, acerca da afinidade foi sua influência na busca por forma de caracterizar as transformações considerando as observações externas. Segundo Mendes (2011), Bergman também elaborou uma tabela a partir da concepção da afinidade e avaliando as alterações e condições de reação, a partir de altas temperaturas, nomeado de via úmida, conforme discutimos anteriormente. E a partir dessas análises, Bergman concluiu que havia uma existência de dois tipos de afinidades, quais sejam: atração de composição, que considerava a geração de produtos a partir de substâncias heterogêneas, e a atração de agregação, na qual havia a identificação do aumento de massa em reações utilizando substâncias homogêneas. E além disso, segundo a autora, ele detalhou em seus estudos que dois tipos de interação, como a substituição provocada por uma espécie de atração simples, e a de decomposição e permuta, que ocorria por conta de um tipo de atração eletiva dupla.

Assim, percebemos que as contribuições de Bergman foram importantes para o conceito de reações químicas, tendo em vista que ele trouxe reflexões sobre as condições das reações, e além disso, buscou forma de sistematizar considerando as características das substâncias na geração de novos produtos e a partir das mudanças externas, como acréscimo da massa e partir de diferentes tipos de interações. O que corrobora ainda mais, para o desenvolvimento do conceito em tela, tecendo aproximações para uma visão mais científica para explicar na definição hodierna de reações químicas.

Além das afinidades, existia uma preocupação acerca da calcinação (combustão), que segundo Hudson (1992), foi um dos processos que passou por várias interpretações, e foi em específico, a partir da teoria do flogístico, que pode ser expressa como uma forma de ilustrar o pensamento substancialista das concepções acerca das transformações da matéria. Para Maar (2008), a ligação do fogo como combustão, calor ou energia, perpassou ao longo dos séculos, tanto que o símbolo usado pelos alquimistas para o elemento fogo, o triângulo, é o único da antiga simbologia químico-alquímica que ainda é utilizado na indicação de aquecimento de reações químicas.

Maar (2008), também elucida as ideias sobre o flogístico, que seria uma forma de explicar a reação da combustão que, segundo George Ernst Stahl (1660-1734), quando ocorria a combustão o fogo era fixado na matéria, penetrando-a intimamente ou escapando dela (MAAR, 2008). Para o Hudson (1992), isso explicaria a formação da “cal” (óxido),

considerando a matéria separada do flogístico na calcinação dos metais, bem como explicaria a recuperação do metal pela passagem de flogístico para a “cal”. Assim, o metal seria tratado como um composto de “cal” metálica e flogístico.

De acordo com Maar (2008), um dos primeiros precursores do flogístico foi Johann Joachim Becher (1635-1682), que além de descobrir o gás eteno a partir da desidratação do álcool em meio ácido e quente, apesar das fragilidades teóricas, ele também tentou discutir a primeira teoria importante que influenciou Stahl, conhecido na história da química como um dos primeiros a aprofundar a discussão acerca do flogístico.

Na visão de Becher, a *tria prima* de Paracelso não se sustentava, uma vez que a maioria das substâncias que tinham capacidade de queima não continham enxofre (enxofre como substância), sendo assim, ele concluiu que não seria o enxofre o responsável pela combustibilidade dos materiais (MAAR, 2008). Tal fato influenciou na substituição pela proposta da terra *pinguis* (terra gordurosa ou graxa), que posteriormente ele nominou de flogístico, palavra derivada do grego que seria inflamar-se, apontando neste caso não como uma ideia, mas sim uma espécie química (id.).

Bensaude-Vicent e Stengers (1992), também discorre que Becher foi o estudioso que teceu as primeiras definições do flogístico a partir das explicações acerca das propriedades da combustibilidade, porém de forma incipiente, e esses estudos, foram continuados por Stahl. Os autores ainda expressam que o flogístico era um material considerado às vezes como a matéria do fogo, ou como uma substância de terra seca (cinzas), ou como um princípio gorduroso, ou até mesmo como partículas invisíveis emitidas por uma vela queimando. Na perspectiva de Hudson (1992), o flogístico foi compreendido como um material sutil, detectado apenas quando deixava outro material em que estava contido, e nessas circunstâncias aparecia como fogo, calor e luz. Assim sendo, a combustão seria então a perda do flogístico, e Stahl entendeu como um tipo de calcinação dos metais, ou seja, um tipo de oxidação (AMARAL, 2017).

Em relação à teoria do flogístico, Vidal (1986), considera que esta foi a primeira teoria química unificada que permitia discutir a ideia de uma reação química, e foi universalmente aceita, da metade do século XVIII até a adesão à teoria de Lavoisier, que se oporia à teoria do flogístico e explicaria que uma reação de combustão ocorreria entre o oxigênio do ar e o metal, formando um óxido. O autor ainda ratifica que, para Stahl, o fenômeno do flogístico poderia ser expresso considerando os processos de calcinação da seguinte forma: metal → calx (óxido do metal) + flogístico, e ainda defendia que o metal poderia ser recuperado quando se utilizassem materiais ricos em flogístico, representado do seguinte modo: calx (óxido do metal) + flogístico → metal. Neste caso, na visão de Stahl, existia uma perda ou liberação de flogístico,

assim como a partir de uma conversão do óxido ou calx em metal, que de fato é uma decomposição que era nominada por ele de combinação com flogístico.

Vale salientar que, segundo Maar (2008, p. 495), algumas dessas ideias são cronologicamente insustentáveis, pois “quando Stahl apresentou sua teoria a natureza real da combustão ainda não estava devidamente estabelecida”, apresentando, assim, algumas limitações que influenciaram na inviabilização da teoria do flogístico. Pois, de acordo com o autor, apesar da existência da inversão, tais definições a partir da ótica atual seriam opostas, conforme ilustrada na Figura 10, a seguir:

Figura 10: Comparação das ideias de reações de Stahl com as atuais

Reação direta			
	metal	→	calx (óxido) + flogístico (Stahal)
metal +	oxigênio	→	óxido do metal (hoje)
Reação inversa			
calx (óxido) +	flogístico	→	estado de transição (Stahal)
óxido do metal		→	metal + oxigênio (hoje)

Fonte: Maar (2008).

Conforme podemos observar, o que para Stahl seria uma decomposição atualmente nominamos de combinação, e neste caso o que pela teoria do flogístico previa por decomposição seria na verdade uma combinação (MAAR, 2008). Assim, tais problemas dificultaram ainda mais o entendimento da teoria em questão, e por isso, quando Lavoisier trouxe à tona suas observações elas foram aceitas rapidamente pela comunidade científica, uma vez que contribuía para entendimento de uma variedade de fenômenos.

Em suma, a teoria do flogístico contribuiu de forma legitimadora para o conceito de reações químicas, principalmente no que concerne às reações de calcinação (combustão). De tal modo, apesar de ter sido uma teoria qualitativa e não quantitativa da matéria, e apesar também de desconsiderar a teoria atômica e de ter invertido a ordem da combustão, ela ajudou na construção de algumas ideias acerca de mecanismos para se pensar na ocorrência e processos de algumas reações à luz de diferentes experimentos, se afastando de forma positiva dos princípios aristotélicos e alquímicos.

Assim sendo, o século XVIII, foi muito importante para o conceito de reações químicas, pois houve de fato uma busca sistemática para tentar racionalizar as definições para as transformações químicas, e para isso, variados estudiosos se dedicaram a tentar explicar como

essas transformações ocorriam, e assim conjecturaram as ideias de afinidade química/ atração química/ relação química, em diferentes países, na busca de elucidar o porquê existia interação entre duas ou mais espécies químicas, e o que as faziam reagir para apresentarem distintos resultados.

Um ponto que complementa essa busca sistematizada, foram as tentativas de ampliar as visões que ainda eram bem presentes no início do referido século acerca das explicações de uma transformação química ocasionada por espíritos invisíveis, e da antropomorfização das transformações, principalmente acerca dos eventos que originavam a decomposição, e alguns estudiosos teciam esse tipo de explicação para tentar caracterizar as transformações químicas, por meio de características humanas relacionadas a essas transformações.

É válido também refletirmos, que os estudos que se dedicavam as afinidades e atração química, trouxeram contribuições bastante significativas para o conceito em discussão, especialmente acerca do detalhamento de processos, que na linguagem atual, referem-se as reações de oxidação e redução, combustão e fermentação. Assinalando assim, formas de classificar e diferenciar diferentes transformações químicas, que ainda hoje prevalecem, conforme apontado no estudo de Diniz Júnior, Silva e Amaral (2019), em que os estudantes em variados casos se detém a classificarem as reações químicas, sem se preocupar com mais detalhamentos explicativos sobre trocas energéticas ou processos experimentais.

Dessa forma, os variados estudos do século XVIII, ajudaram na ampliação do conceito de reações químicas, pois as pesquisas se empenharam em explicar as condições para uma transformação química ocorrer, características e propriedades das espécies químicas que eram utilizadas nessas transformações para a geração de produtos, e no detalhamento das mudanças externas. E existia uma busca para tecer definições cada vez mais científicas para as transformações químicas, valorizando o caráter empírico e quantificável, a partir do uso da matemática para explicar as referidas transformações.

Por fim, foi neste século, que houve a emergência de uma teoria, que foi bastante discutida por diferentes estudiosos e curiosos da Química, que trouxe à tona uma das reações químicas de grande importância para a área, a reação de combustão, a partir da teoria do flogístico, que explicava a reação de calcinação, mediante diferentes condições e observações externas. Deste modo, se percebe que o termo reação alinhado a calcinação foi amplamente difundido, o que demarcou historicamente o emprego dele nos estudos relacionados a Química (MENDES, 2011), mas ainda não havia evidências acerca do termo reações químicas.

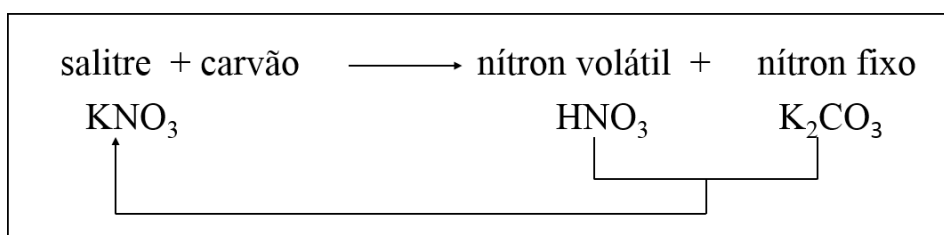
5.1.5 O conceito de reações químicas do final do século XVIII ao século XX

Tratando-se da história da Química, Robert Boyle (1627-1691) foi um dos principais sujeitos a pensarem no rigor do método experimental, e partir disso, em sua obra *Sceptical Chymist*, trouxe uma das primeiras distinções de compostos químicos, isto é, corpos perfeitamente misturados a partir de uma mistura mecânica (PARTINGTON, 1989) e surgiu também então uma das primeiras definições para elementos, chamadas de coligações primitivas ou agrupamentos.

Para Partington (1989), Boyle acreditava na teoria atômica, e assinalou uma das primeiras definições para uma reação química em uma nomenclatura hodierna, expressando que poderia existir combinações entre partículas elementares, para formar outras. Para o autor, as múltiplas combinações entre os elementos de uma matéria primária ocorriam por conta das distinções das formas e movimentos de suas partículas. Grosso modo, podemos entender que houve um reforço significativo, mesmo que timidamente, para a ideia de um rearranjo e ação dinâmica entre as partículas, o que ajudou a trazer a tese sobre o porquê uma transformação química ocorria.

Maar (2008), também aponta que Boyle apresentou em sua obra uma das primeiras ideias de reversibilidade de transformações químicas, a partir do aquecimento do salitre (KNO_3) em presença de carvão poderia se obter nítron volátil (HNO_3) e nítron fixo (K_2CO_3). Assim, a reação de decomposição do salitre reversível poderia ser ilustrada da seguinte forma:

Figura 11: Representação da ideia de reação de decomposição de Boyle



Fonte: Maar (2008).

Para Boyle, a possibilidade da reversibilidade das reações foi também uma forma de contribuir ao favoritismo da teoria corpuscular da matéria, uma vez que uma reação direta e a reação inversa poderiam ser explicadas pela redistribuição das ‘partículas’ ou ‘corpúsculos’ constituintes (MAAR, 2008). No entendimento construído seria que, para ocorrer o processo inverso, todos os produtos devem ser considerados como importantes para o entendimento dela, isto é, todas as partículas constituintes inicialmente devem gerar produtos. Todavia, alguns resíduos, nominado de *caput mortuum*, não conseguiam ser interpretados e por isso, apesar

Boyle buscar demonstrar sua hipótese da reversibilidade, mesmo as variadas reações já serem conhecidas, ele não conseguiu generalizar a ideia das reações reversíveis para a comunidade científica de sua época, mas ajudou a explicar como diferentes substâncias poderiam a partir de um conjunto de reações serem convertidas, bem como as propriedades de algumas delas (Id.).

Maar (2008, p. 377), também discorre que Boyle ajudou a realizar uma sistematização de uma série de etapas, quais sejam: obtenção em laboratório de substâncias idênticas às correspondentes substâncias minerais naturais; a constatação de que todos os reagentes e produtos de uma reação seriam necessários para entender cada reação; a reversibilidade das reações; a existência de ciclos de reações; e, por fim, a determinação de pesos específicos de muitos sólidos e líquidos.

Jeremias Benjamin Richter (1762-1807), também descreveu processos de reações, mas ele apontava que as transformações químicas ocorriam por meio combinações, e apontou que existia uma equivalência entre as substâncias que se utilizavam nas práticas experimentais, e assim, definiu que uma reação ocorria por meio de relações matemáticas, a partir de substâncias com pesos equivalentes ou pesos para se fazer combinações (MIERZECKI, 1991). Assim, Richter trouxe uma contribuição muito importante para o conceito em estudo, uma vez que a Lei dos números proporcionais e noção de equivalente químico, foi primordial para o entendimento das quantificações de uma reação, e na linguagem atual para a compreensão da estequiometria de uma reação.

Essa ideia de combinações, e utilizando o termo reações também foi empregado por Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), físico e químico francês, que se dedicou a estudos experimentais e realizou muitos estudos já nominando de reações gasosas, a partir de relações entre volumes de reagentes e produtos. Segundo Mendes (2011), Gay-Lussac defendia que as reações gasosas ocorriam por conta da existência de combinações químicas, apontando que a atração e repulsão entre as substâncias gasosas seriam determinantes para a finalização de uma reação.

Maar (2008), aponta que Jons Jacob Berzelius (1779-1848), químico sueco, também manifestava a ideia da existência das combinações químicas, e explicava que as reações ocorriam por meio de atração dos corpúsculos de carga oposta e na neutralização de eletricidade, na qual havia liberação de calor entre pólos de carga oposta, em variadas reações. Para o autor, Berzelius apontou a natureza eletrostática para explicarmos as reações, como por exemplo, para ele o cloreto de sódio seria mantido pela atração de uma carga positiva no sódio e uma carga negativa no cloro.

Dessa forma, quando se realizava testes experimentais, a reação ocorria por meio da

atração de cargas que resultava na combinação química. As contribuições de Berzelius, para Mendes (2011), foram muito importantes, pois a partir delas é que se pensou em uma visão microscópica para ocorrência de uma reação, destacando as forças de atração química e sua natureza elétrica, e que o grau de atração dependia da intensidade de polarização que variava com a temperatura.

É interessante também destacar que, nessas fases históricas, o termo reações se consolidou, pois segundo Padeloup e Laugier (1994), a comunidade científica adotou o termo reação, na tentativa de distinguir de transformação química, tendo em vista que havia o emprego das transformações físicas e químicas, e para os autores havia uma necessidade de fugir da predominância da Física, e direcionar para uma linguagem própria da Química, ainda em processo de construção. Vidal (1986),

Para Kurashov (2009), por meio da consolidação do termo reações, houve a especificação do termo reagente, por volta do final do século XVIII, detalhando como substância usada para realizar modificações químicas a partir do contato com outras substâncias e assim tornar possível evidenciar os processos químicos. Vale ressaltar que hoje, segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, 2019), reagente ficou determinado como:

Uma substância que é consumida durante uma reação química. Às vezes é conhecido, especialmente na literatura mais antiga, como um reagente, mas este termo é melhor usado em um sentido mais especializado como uma substância de teste que é adicionada a um sistema a fim de provocar uma reação ou para ver se uma reação ocorre (por exemplo, um reagente analítico) (IUPAC, 2019, tradução nossa).

E dando continuidade à nossa discussão, segundo Padeloup e Laugier (1994) e Kurashov (2009), apesar da busca pela constituição de uma linguagem atrelada mais a Química, o termo reação teve uma forte influência da Física, tendo em vista que reação seria uma derivação da terceira lei de Newton, acerca da ação e reação, por isso, teve forte espaço pela comunidade científica, tendo em vista a hegemonia e predominância de várias teorias da Física aceita pelos estudiosos e cientistas. Vale salientar que, esse entendimento tem bastante plausibilidade, tendo vista que havia um reconhecimento da ação entre as substâncias reagentes, e que ao entrarem em contato, e a partir de fatores diversos, ocorreria a reação. E para diferenciar de algumas ideias da Física, foi empregada como reação química, que, com o passar dos anos passou a ser incorporada em diferentes publicações de estudos correlatos a Química, enquanto Ciência.

Nesse pensamento, a transição de fato de transformação química para reação, ocorre a partir do final do século XVIII até as primeiras décadas do século XIX. E nesse ínterim

histórico, se destacou ainda mais quando Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), na sua obra o livro, *Traité élémentaire de Chimie* em 1789, na qual trouxe a definição de diferentes conceitos químicos. Assim, partir das contribuições de Lavoisier, quando trouxe a ideia de que uma reação ocorreria pela interação entre duas substâncias formando um produto. Um exemplo dado por ele seria que um óxido era o resultado de uma reação entre o oxigênio com um metal (HUDSON, 1992).

A teoria de Lavoisier foi influenciada diretamente pelos estudos de Carl Wilhelm Sheele (1742-1786) e Joseph Priestley (1733-1804) propositores da teoria do “ar desflogisticado”, nominado por Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) de gás oxigênio, que surgiu como uma peça chave para se entender variadas transformações e fenômenos observados na Química (AMARAL, 2017).

Conforme Vidal (1986), a partir das contribuições de Lavoisier é que as técnicas de experimentação foram aprimoradas, o que permitiu melhorias significativas aos estudos acerca das transformações da matéria. Para o autor, a reação da combustão, tanto a partir da perspectiva conceitual, como em relação ao processo foi um marco para a Química moderna.

Outra grande contribuição de Lavoisier foi o da organização de uma nova nomenclatura química, substituindo as advindas do período da alquimia com o auxílio de Morveau, Claude Louis Berthollet (1748-1822) e Antoine François de Fourcroy (1755-1809), publicando a obra *Nomenclature*, trazendo, nessa obra, informações sobre as variadas substâncias simples e compostas, algumas até hoje a utilizamos quando organizamos o esquema de uma equação química (AMARAL, 2017). E do livro que mencionamos anteriormente, *Traité élémentaire de Chimie*, no qual ele exibiu outra lista mais curta acerca das substâncias simples, que entre eles a tinha a luz e o calórico, pois, segundo Hudson (1992), a partir do século XVIII elas eram consideradas substâncias materiais.

Assim, a partir das publicações de Lavoisier que se estabeleceu uma sistemática quantitativa para a experimentação, fazendo uso constante da balança e do controle de operações químicas, o que permitiu que os estudiosos investigassem até chegarem às leis ponderais, o que mais tarde os levou à concepção de equivalente químico, noção esta que foi de grande importância no século XIX, permitindo que fosse possível especular sobre a composição da matéria (AMARAL, 2017).

Por conseguinte, já no final do século XVIII e início do século XIX, a ideia de átomo como partícula última da matéria passou a ser adotada por químicos, não de forma unânime, para explicar as transformações dos materiais, e os estudos quantitativos envolvendo as reações químicas de forma mais sistemática foram intensificados. Surgiram as noções de pesos

equivalentes e pesos atômicos vindas das interpretações de fatos experimentais observados, o que possibilitou calcular massas de substâncias envolvidas em reações químicas, principalmente a de ácidos-bases, surgindo então estudos pioneiros em estequiometria (MIERZECKI, 1991).

Em 1808, John Dalton (1766-1844) organizou a sua teoria atômica por meio de seus estudos acerca dos pesos equivalentes que podiam ser observados das substâncias presentes no ar atmosférico e, partir disso, Dalton considerou que as reações consistiriam em combinações, separações ou rearranjos de átomos (FILGUEIRAS, 2004).

Para Filgueiras (2004), o resgate da teoria atômica a partir das contribuições de Dalton, que buscou discutir teorias advindas dos gregos que permitissem entender a natureza atômica da matéria e distinguir o atomismo filosófico de um atomismo empírico. Dentre elas, de acordo com o autor, destacamos os estudos de Leucipo de Abdera (ativo em meados do século V a. C.) e Demócrito de Abdera (~460-370 a. C.), nos quais se defendia que toda a matéria se subdividia em átomos eternos e indestrutíveis, e que cada espécie de matéria seria constituída por átomos qualitativamente iguais e que estariam em contínuo movimento no vácuo.

Maar (2008), também coloca que a teoria atômica de Demócrito concebia a matéria e o vácuo, e que poderíamos observar fenômenos a partir de sensações, pois existia um movimento dos átomos no espaço. De acordo com o autor, esta ideia substituiria o pensamento de Empédocles, de que o Amor e o Ódio seriam os responsáveis por ocasionar a união e a separação dos componentes dos ‘elementos’, e defendia que existia um movimento dos átomos em todas as direções, nas quais átomos semelhantes, ao se aproximarem ou se chocarem, formariam entidades maiores, mas não por interferência divina ou de forças não-naturais.

Lucrécio (~98-55 a. C.), descreveu a partir das concepções do filósofo grego Epicuro (~341-270 a. C.), em que a matéria seria constituída de átomos que, quando se transportavam no vazio como gotas de chuvas e que, por conta de sua aspereza se misturavam produzindo agregados (AMARAL, 2017). Nesse sentido, tudo o que cercava a natureza em termos de aspectos e transformações seriam interpretados à luz da mecânica do atomismo, e que segundo Vidal (1986), essas interpretações seriam a partir de tamanho, forma e disposição dos átomos.

Maar (2008, p. 42), ilustra o pensamento de Lucrécio, disposto em uma de suas obras na qual diz que “os compostos elementares de uma compacta simplicidade, e ligam-se entre si por partículas mínimas, com estreita coesão; não são formados por uma simples reunião das partículas, mas vem-lhes a força de uma eterna simplicidade, que a natureza não deixa cercear ou diminuir, conservando como germes das coisas”. Destarte, a forma de Lucrécio interpretar demonstra uma possível ideia para pensar uma transformação química, que seria a partir da

reunião de partículas, e essas partículas seriam os átomos que formavam a matéria.

Teorias atômicas surgidas no período clássico da história da Ciência, embora não fossem predominantes naqueles períodos, estão na base dos modelos explicativos das transformações da matéria na contemporaneidade. Em tempos remotos, a visão atomista tentava romper com o idealismo presente nas ideias de Platão e Aristóteles, e se constituíram como as primeiras explicações mecânica e materialista para as transformações da matéria. Todavia, vale destacar que aquele contexto histórico não foi tão favorável para a ampla aceitação do atomismo (AMARAL, 2017). Para Mendes (2011), apesar das revoluções ocorridas nesses ciclos históricos, a influência do atomismo, ratificou ainda mais o conceito de reações químicas, mas abalizando a partir de estados quantitativos. Para a autora, o atomismo foi crucial, pois iniciou-se definições mais detalhadas apontando que reações ocorriam não por afinidade, mas sim, por uma existência de arranjos dos átomos, passando a apontar possíveis fatores estruturais.

Assim, para Padeloup e Laugier (1994) e Kurashov (2009), a partir da teoria atômica é que se passou a empregar o termo reação química, como uma forma de explicar a ação mútua ou recíproca dos agentes químicos uns sobre os outros, isso nas primeiras décadas do século XIX. Os autores apontam que isso se deveu a contribuição de Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776 – 1856) que trouxe as considerações de Dalton e de Gay-Lussac, e definiu que: em volumes iguais de gases diferentes contêm nas mesmas condições, o mesmo número de moléculas, contribuindo assim, para a incorporação e apropriação do conceito de reações químicas pela comunidade científica.

Em 1811, Avogadro, trouxe a definição de molécula, dizendo que existiam dois tipos moléculas, integração de moléculas, moléculas células curtas, e moléculas elementares, corpos simples, que no seu postulado, caso de gases comuns, que poderiam estar na forma de átomos duplos (PASDELOUP; LAUGIER, 1994). Nesse sentido, consoante, Padeloup e Laugier (1994), expressam que Avogadro especificou que uma reação química, não ocorreria pela junção harmoniosa dos átomos, e sim por moléculas, e que em uma reação haveria o fazer de molécula a moléculas, no entanto essa publicação em francês nominado de *Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons*, e “fomulado independentemente por Ampère em 1814, permaneceu completamente ignorado até 1860, quando Canizzaro os explicou no congresso Internacional de *Karlsruhe Chemistry*” (p, 176).

Assim, a partir dessas contribuições, o conceito de reações químicas, passou a ser incorporado como forma de explicar de forma mais detalhada a formação de produtos, a partir de diferentes reagentes, e que poderiam ocorrer por meio de diferentes técnicas, considerando

fatores externos como temperatura, pressão, e por meio de interações a nível microscópico. Em algumas dessas características, foram possíveis a partir da contribuição de Jean Bastiste Dumas (1800-1884), que se dedicou a analisar os arranjos atômicos e os fatores que influenciavam a ocorrência das reações químicas (KRASHOW, 2009).

Do mesmo modo, foi o químico alemão, Ludwig Ferdinand Wilhelmy (1812-1864), que intrigado acerca da duração das reações químicas, pela primeira vez apresentou para a comunidade científica considerações acerca dos fatores que influenciam na estabilidade de uma reação química, por meio da reação de decomposição da sacarose em meio ácido (MENDES, 2011). E de tal modo, determinou que a rapidez de uma reação química, está atrelada a quantidade de reagentes que é utilizado, i. e., as concentrações por meio de uma relação matemática entre rapidez, e a quantidade de sacarose com o tempo, e além disso, os tipos de ácidos e a temperatura.

E em concordância ao estudo de Wilhelmy, os noruegueses Cato Maximilian Guldberg (1836-1902), matemático e químico, e Peter Waage (1833-1900), químico, propuseram a lei de ação das massas, em que apontava que a força química de uma reação seria obtida pelo produto das massas ativas, o que na linguagem hodierna, nominamos de concentração (QUÍLEZ, 2004). E para o Quílez (2004), estes químicos propuseram o termo de velocidade das reações químicas, apontando que a velocidade de uma dada reação química seria proporcional às massas ativas das substâncias reagentes presentes no meio reacional.

Essa ideia sobre a existência de uma velocidade de uma reação, Alexander William Williamson (1824-1904) quando realizou experimentos para estender a cadeia carbônica de um álcool, que era algo comum neste período, mas ele obteve éter etílico. Williamson esclareceu uma teoria dinâmica para as reações químicas, pois segundo ele o mecanismo de uma reação química seria inconcebível se não se pensasse em todas as contínuas trocas de elementos em um agregado molecular, além de ter conseguido expressar a composição exata da água, do éter e do álcool (QUÍLEZ, 2006).

Segundo Maar (2008) o crescimento da Química a partir do século XVIII ganhou proporções significativas, entre elas o entrelaçamento da Química com a Física, observando o comportamento dos gases e das aplicações da calorimetria e da eletricidade para se compreender as reações químicas. E assim, com base nos estudos Lavoisier e Laplace fizeram observações acerca do calor desenvolvido em reações químicas a partir de um calorímetro de gelo, e tal estudo serviu para medir a quantidade de calor envolvido em várias reações, Marcelin Berthelot (1827-1907) introduziu os termos endotérmico e exotérmico para as reações químicas que absorvem ou liberam calor, e expressou que todas as reações espontâneas aconteciam com

a evolução de calor e que, em situações específicas ocorreriam reações que tivessem maior evolução de calor (HUDSON, 1992). Para Amaral (2017), estas conclusões acerca da evolução de calor seriam errôneas, e só foram esclarecidas a partir do momento em que os critérios para a ocorrência de uma reação química espontânea fossem propriamente entendidos.

Segundo Amaral (2004), nos estudos da termodinâmica, quando discutiam as questões sobre o calor, os estudiosos da época passaram a refletir sobre os fatores que determinam a direção de uma reação química. Todavia, tais princípios só foram formulados anos depois, quando no contexto da termodinâmica os pesquisadores começaram a usar ideias atreladas a energia, a temperatura, a pressão, e o volume a partir de definições sobre entropia (AMARAL, 2017). E além disso, Quílez (2009), aponta sobre a existência de um equilíbrio químico, e esse fato foi notado por Berthollet, no final do século XVIII, em uma expedição ao Egito, onde ele observou a sucessiva formação de carbonato de sódio na beira de um lago, e diante disso ele sugeriu que ali poderia existir uma grande quantidade de reagentes, enquanto os produtos da reação eram constantemente retirados naturalmente.

Para Quílez (2009), esta observação entrava em contraponto com os estudos de Bergman, que colocava que a formação de carbonato de sódio seria praticamente impossível, uma vez que as reações deveriam se completar e apresentar um caráter unidirecional. Nesse sentido, na visão de Bergman não existia o equilíbrio de uma reação química. Esta concepção de Bergman também se observa nas perspectivas dos indivíduos (SILVA, 2008) quando não conseguem pensar as reações químicas como algo dinâmico e apenas estático, e a partir de seu esquema representacional conforme é exposto em livros didáticos.

Deste modo, as observações de Berthollet, após seu retorno ele fez variados experimentos e constatou que a quantidade das substâncias presentes no meio influenciava a direção da reação. Tal fato, permitiu se estabelecer a concepção de reversibilidade das reações químicas, e para que isso ocorresse fatores como calor e energia deveriam ser considerados também. Além disso, assinalou que as reações de substituição nunca eram finalizadas devido a um equilíbrio de estado entre forças de afinidade opostas (QUÍLEZ, 2007).

Quílez (2006), também menciona que em 1862, Berthelot e Saint-Giles consideraram que não era adequado trabalhar com reações entre ácidos, bases e sais para os estudos acerca da reversibilidade das reações químicas, e propuseram estudos sobre as reações de esterificação, uma vez que elas são mais lentas, com quantidades de cada substância sempre altas e suficientemente passíveis de serem medidas.

De acordo com Quílez (2006), também em 1867, L. Pfaundler abordou que as reações químicas seriam influenciadas pela evaporação e condensação de líquidos em sistemas

fechados, sendo esse estudo o primeiro a aplicar a teoria mecânica do calor para reações químicas. Do mesmo modo, os estudos da Termodinâmica contribuíram para aprofundar a compreensão sobre reações químicas, e abriu espaço para o desenvolvimento de novos pontos de vista sobre as transformações da matéria, constituindo modos de prever a ocorrência de reações químicas em um determinado sistema e considerando ações e condições que promovem a transformação das substâncias, e não apenas verificando a sua evolução (AMARAL, 2017).

Maar (2008), também discute que o final século XIX, J. H. Van't Hoff (1852 - 1911), considerando a influência da temperatura para o equilíbrio de uma reação químicas, verificou que a elevação da temperatura em uma determinada reação em equilíbrio, favorece a reação endotérmica e o abaixamento, a reação exotérmica. E a posterior, segundo o autor, no início do século XX Henry Louis Le Chatelier (1859 - 1936), químico francês, sugeriu que o equilíbrio de uma reação está sujeito a perturbações, e apontou que quando ocorre a alteração do equilíbrio em um determinado sistema, este se desloca no sentido de restabelecer as condições iniciais.

Assim, os estudos de Le Chatelier, foram imprescindíveis, pois reuniu informações de vários outros estudiosos que o antecederam, e a partir deste sistema, químicos do mundo todo pode sistematizar diferentes técnicas para observar a natureza das reações, sobretudo, em observância a sistemas de equilíbrio e possíveis fatores que poderiam interferir nas reações químicas. E em torno de 1940, Linus Pauling (1901-1994), químico quântico e bioquímico dos Estados Unidos, propõe a teoria da ressonância química, na qual possibilitava a compreensão de distintas estruturas para os compostos, i. e., atrelou método da química quântica para explicar a estrutura molecular, das substâncias, e além disso, pode conjecturou inferências acerca de como as moléculas e íons reagiam, em uma ótica submicroscópica, na formação de produtos. Assim, para Maar (2008), a Química romperia com a visão associada a afinidade entre átomos, e passou a compreender relações quantitativas, termodinâmicas e estruturais, aplicando métodos instrumentais diversos.

Nesta ótica, por meio das contribuições de Pauling, a segunda metade do século XX se efetivou a incorporação do termo reação química, abalizado em um formalismo atrelado a mecânica quântica, que além de considerar a importância de entendermos as estruturas moleculares, fatores termodinâmicos tornam-se cruciais para explicar as reações químicas, compreendendo então, a energia que influenciaria na ocorrência das reações, fatores entálpicos e entrópicos, e propriedade químicas.

E ainda, e considerando a natureza das reações químicas, no início da década de setenta do século XX, segundo Mendes (2011), o mol passou a ser utilizado como unidade de quantidade de matérias, passando a ser incorporado as especificações estequiométricas para

explicar as características e medidas de matéria das reações químicas. Deste modo, para a autora foi algo muito importante, pois segundo a autora os químicos utilizavam o termo molécula grama como forma de realizar o preparo de soluções em laboratório, e a partir dessas mudanças, o mol possibilitou a realização de descrições microscópicas, detalhando ainda mais uma reação química para um entendimento conceitual macroscópico.

Atualmente, na última versão do Compêndio de Terminologia Química (Gold Book), a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) faz a distinção entre conceito de transformação química e reação química. É importante elucidar, que apesar de durante um longo período o termo reação tenha sido empregado, de acordo com a IUPAC, não existe esse termo, apenas reação química. Dessa forma, transformação química fica compreendida como:

A conversão de um substrato em um determinado produto, independentemente dos reagentes ou mecanismos envolvidos. Por exemplo, a transformação de anilina ($C_6H_5NH_2$) em *N*-fenilacetamida ($C_6H_5NHCOCH_3$) pode ser efectuada por utilização de cloreto de acetilo ou anidrido acético ou de ceteno. Uma transformação é distinta de uma reação, cuja descrição completa indicaria ou implicaria todos os reagentes e todos os produtos (IUPAC, 2019, tradução nossa).

Conforme podemos verificar, de acordo com a IUPAC, o conceito de transformação química é algo distinto de reação química. De tal modo, para se explicar uma transformação química, não é necessário indicar os reagentes e produtos, e suas características, propriedades ou implicações termodinâmicas, deve se deter a compreensão da conversão, independentemente de qualquer explicação de interação de moléculas, íons, natureza das ligações, e etc, ou seja, se preocupa com o que ocorreu, e não se dedica a explicitar os fatores ou técnicas do processo químico.

Já o conceito de reação química, ficou compreendido da seguinte forma:

Um processo que resulta na interconversão de espécies químicas. As reações químicas podem ser reações elementares ou reações em etapas. (Deve-se notar que esta definição inclui interconversões experimentalmente observáveis de conformes.) As reações químicas detectáveis normalmente envolvem conjuntos de entidades moleculares, conforme indicado por esta definição, mas muitas vezes é conceitualmente conveniente usar o termo também para mudanças envolvendo entidades moleculares únicas (ou seja, 'eventos químicos microscópicos') (IUPAC, 2019, tradução nossa).

Assim, diante do que podemos observar, a IUPAC compreende que, uma reação química não se pode ser observada apenas na conversão de uma substância em um específico produto, mas explicitar os produtos e reagentes dos processos, procedimentos experimentais, estequiometria, especificações termodinâmicas e etc.

No ensino nas universidades, as reações químicas são definidas como processos nos quais uma ou mais substâncias se convertem em outras substâncias. Isto é, ocorre uma transformação na natureza química das substâncias envolvidas em uma reação (ATKINS; JONES, 2012). Dessa forma, para que a reação ocorra, as ligações químicas presentes nos reagentes devem ser rompidas (por meio da absorção de energia), enquanto que as ligações químicas características dos produtos são formadas (por meio da liberação de energia) (CARINE, et al., 2015). Em síntese, uma reação química também é explicada como um rearranjo de partículas, sejam ela átomos, moléculas ou íons, no qual se estabelece um balanço de massa e energia entre reagentes e produtos.

Mas essas visões, se ancoram em uma visão racionalista, i. e, está conectado a um dos significados que pode ser atribuído a esse conceito. Mas existem outros, que também são importantes para professores, estudantes e sociedade, já que o conceito de reação química, é polissêmico, apresenta diferentes modos de pensar e formas de falar e se aplicam em contextos diversos, conforme verificamos no recorte histórico que discutimos neste capítulo.

Em suma, o final do século XVIII, tivemos a definição de reagente, que já trouxe um diferencial para a consolidação do termo reação, aplicação a combustão, decomposição, ácido e base e etc. E por conseguinte, foi essencial para explicar as primeiras definições de reversibilidade das reações, a partir da constatação de reagentes e produtos. Assim, de certa forma ainda havia uma valorização acerca das técnicas experimentais, mas cada vez mais se aproximavam da visão processual, valorizando os dados científicos mediados pelas técnicas e robustez das análises.

E a partir do século XIX, efetivou-se o emprego do termo reação química, como sendo uma combinação química, e do mesmo modo, está atrelada aos estudos de reações gasosas, e estudos que buscavam determinar propriedades e fatores que influenciavam as reações. Desse modo, as reações foram alinhadas a combinações a partir de relações matemáticas, e que conforme ocorrera em outros períodos históricos, havia uma necessidade de trazer estudos quantitativos para explicar as reações que já se conheciam na época.

E na busca por uma linguagem própria, apesar de ser profundamente influenciada pela Física, se efetivou a transição do termo transformação química para reação química, à medida que não se tratava apenas ilustrar ou descrever o que acontecia quando se gerava produtos, mas tornou-se necessário explicar os reagentes, concentração, influência da temperatura, dentre outros. Sendo assim, houve um rompimento das ideias de atração e afinidade, e passou a compreender a existência de arranjos de átomos.

De certa forma, isso se deu por conta da definição do conceito de átomo e molécula, que foram cruciais para a apropriação do conceito de reação química pela comunidade científica. E além disso, tornou-se cada vez mais possível tecer explicações acerca da estequiometria das reações, formas de representação e classificação.

E o século XX, permitiu ampliar ainda mais a apropriação do conceito de reação química, tornando-se um dos conceitos mais importantes da Química moderna, sendo incorporado como base para explicar reações que englobavam estudos da Química Analítica, Físico-Química, Química Orgânica e Inorgânica. Tal fato ratifica que o conceito em tela, não se desenvolveu em uma área restrita da química, mas por meio da apropriação e incorporação nas diferentes áreas da Química, como conceito base para explicar a formação de produtos, considerando reagentes, por meio de técnicas e distintos fatores que possibilitavam detalhar cada vez mais cada reação química estudada.

Por fim, a definição dos sistemas de equilíbrio, da aplicação da química quântica para melhor explicar as estruturas moleculares, definição do conceito de mol, e detalhamento de fatores termodinâmicos, foram estudos decisivos para que o conceito de reação química ganhasse cada vez mais espaço, nas diferentes áreas da Química, e passasse a ser incorporado em Livros Didáticos do ensino Superior, em atingisse um espaço na linguagem química, empregada de forma uniforme no mundo inteiro, evocando tanto a linguagem química acadêmica e científico escolar, como também ganha espaço no discurso social, em diferentes contextos sociais e culturais.

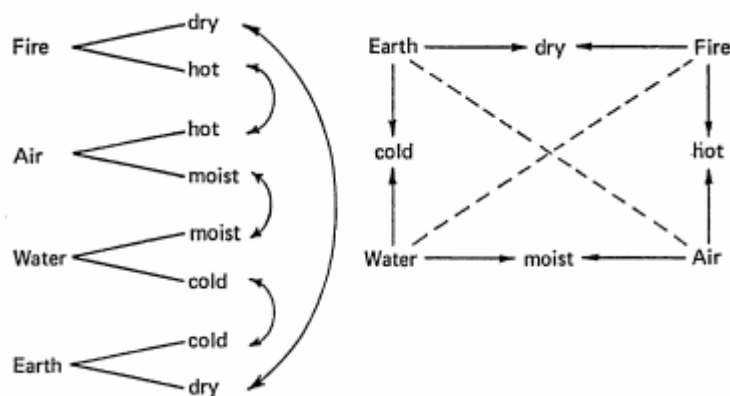
5.2 Algumas questões filosóficas sobre o conceito de reações químicas

Pensar na natureza das reações químicas, conceito fundamental na Química, é também conjecturar que sua raiz filosófica se constituiu cunhada em diferentes epistemologias e ontologias, atrelada a diferentes meios socioculturais e que ao longo dos anos vem ajudando a compreender diferentes fenômenos químicos. Para Powers (2014), um dos primeiros princípios para explicar uma reação química não se limitou a reduções sobre um corpo de elementos, mas sim tem relação com o rearranjo de partículas pelo fogo, sendo então, o fogo responsável pelas mudanças na matéria. Esse pensamento foi primordial para diferentes ramificações no desenvolvimento da Química, especialmente para os seguidores de Stahl e de Lavoisier. Além disso, essa visão acerca do fogo entraria em oposição a uma visão outrora defendida por Joan Baptista van Helmont (1580-1644), ao defender a água como matéria elementar, em que outras espécies de matéria eram geradas a partir de processos de fermentação e transmutação.

Como se pode perceber, essas abordagens elencam o que Powers (2014) nominou de abordagem ideal dos produtos a partir dos elementos, e esse idealismo estaria vinculado a fenômenos que tinham uma ocorrência natural, uma vez que os elementos seriam todos naturais, portanto qualquer mudança que ocorreria seria por fatores naturais. Essa visão, de acordo com Bolzan (1976), foi defendida por Aristóteles, pois para ele todos os elementos são naturalmente transformados, mas segundo o autor, além de inferir que as transformações ocorreriam de forma natural, existia uma velocidade quanto a facilidade (dos processos), bem como a transformação seriam mais rápidas entre aqueles elementos que estão de acordo com as qualidades específicas da matéria. Emergindo assim, a concepção de que a transformação ocorria de forma natural em detrimento da facilidade de a matéria mudar apenas uma qualidade dentre muitas outras que apresentavam.

Diante dessa perspectiva, percebemos que a compreensão de uma reação química como algo natural, nasce na filosofia grega. Mas em uma ótica atual, no contexto do ensino de Química e alinha a um naturalismo moderado, que na perspectiva de Kitcher (1998), essa visão de naturalismo se pauta no sentido internalista, i. e., está atrelada a padrões lógicos que são determinados por crenças. Na nossa visão, são formas de explicar a reação química como um pressuposto da própria natureza, tem que acontecer, pois faz parte de sua lei natural, e tal fato também é corroborado por Kitcher (1998), quando o diz que o sentido externalista, influencia a forma que as pessoas justificam suas percepções, e assim, se ancoram em uma crença confiável, semelhante a visão apontada pelos filósofos gregos, sobretudo, Aristóteles, que trouxe definições que perduraram por séculos, pois existia uma lógica que determinava que transformações seriam como algo da própria natureza, como o fogo querer retornar para o sol, pois seria seu processo natural. Por isso, Bolzan (1976), apontou algo muito importante para o conceito de reação química, a partir da ótica de Aristóteles, a analogia de que as transformações acontecem naturalmente, pois existia um ciclo de transformações que possibilitava os elementos reagissem a partir de suas qualidades em comum, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Ciclo de transformações de Aristóteles



Fonte: Bolzan (1976).

De acordo com Bolzan (1976), a sistemática de uma transformação acontecer seria a partir das relações diagonais, a partir das qualidades de cada elemento, pois existiria em cada uma dessas etapas do ciclo condições de decomposição, e que poderiam ocorrer mais vezes o que ele citou "reação de decomposição dupla". *A priori*, percebemos que os quatro elementos influenciam de alguma forma com o conceito de reação química, quando menciona a decomposição, algo que segundo o Bolzan, seria provocado pela existência de um ciclo, o que também infere na visão atual de que, as reações ocorrem em diferentes etapas a partir de variados processos químicos.

Bolzan (1976), também explicita que o fogo se destacou dentre os demais elementos, pois a partir dele surgia o processo complexo da queima de objetos, que seria a combustão ou combinação de um combustível terra e do ar, por exemplo, o combustível (um tronco) contribuía para a secura e o ar com o calor, assim, nesse processo o frio era perdido da Terra e a umidade do Ar, e resultava na ação do Fogo (quente e seco) que se materializava como fumaça. Segundo Powers (2014), essas ideias se perpetuaram durante vários séculos, mas foi contrastada a partir do século XVIII, na qual expuseram a existência de um ideal analítico e que as transformações seriam elaboradas a partir de observações e da prática experimental, que foi muito bem explorado por Pierre-Joseph Macquer quando afirmava que havia de fato quatro elementos, terra, ar, fogo e água, e que eram pontos finais de todas as decomposições químicas, mesmo sabendo que não poderia alcançar isso de forma segura.

Essas questões, apesar de existir uma busca para destacar a importância da prática experimental, no período da alquimia, e até o século XVI, havia ainda evidência forte ligada ao naturalismo, mas também ao realismo que na percepção de Bachelard (1996), os curiosos da época buscavam discutir e explicar as transformações por meio de instrumentos atrelados ao

misticismo, e tudo isso, apenas ratificavam entendimentos do senso comum. Para o autor, havia meramente deduções, que eram executadas experimentalmente, mas tudo se relacionava a concepções distantes das visões científicas. Mas a busca foi contínua no passar dos séculos, na tentativa de afastar-se dessas ideias realistas, e por isso, Lavoisier, inferiu que as decomposições estariam conectadas as constantes descobertas de diferentes substâncias, que eram alcançadas a partir de uma sistematização de maneiras de decompor (POWERS, 2014). E nesse sentido, Teich (1982), menciona o exemplo afirmando que a vegetação existente na natureza não teria vida sem água e ácido carbônico, pois essas duas substâncias se decompõem mutuamente e permite com que a vegetação possa existir, e ainda salienta que o hidrogênio deixa o oxigênio para se unir ao carvão para produzir óleos, resinas e para desenvolver a planta; simultaneamente oxigênio da água e do ácido carbono são abundantemente liberados.

Por isso, Powers (2014), na obra *Elementa Chemiae* de 1732, escrita por Herman Boerhaave, cita que os quatro elementos - terra, ar, fogo e água - eram instrumentos, ou seja, ferramentas manipuladas pelos químicos em suas operações, mas não constituintes de matéria. Como também poderiam ser vinculadas a visão de Boyle, a partir das partículas constituintes ou corpúsculos que geravam propriedades químicas, mas que não poderiam trazer informações conclusivas em laboratório.

Boyle, foi bastante crítico acerca das ilações dos elementos, principalmente sobre o fogo, pois mesmo que no processo de queima de madeira verde, e sendo possível observar a fumaça, que seria o ar, a água detectada por sibilo, e as cinzas como a terra, tais evidências não provariam que seria o fogo o responsável pela produção de novos elementos (Id.). O fogo, nesse sentido, seria o responsável por misturar os corpos, e não para produzir elementos diferentes. Em consonância disso, segundo Powers (2014), Van Helmont, afirmou que o fogo seria responsável além de separar uma substância em suas partes de constituintes, bem como assinalou que o fogo nem sempre somente separa as partes elementares de um corpo, mas pode ocasionalmente alterar também os ingredientes deles.

E ainda nesse pensamento, Powers (2014), aponta que Herman Boerhaave (1668 -1738) realizou uma discussão teórica acerca das ferramentas naturais e artificiais para a manipulação e observação de mudanças na matéria, e inferiu que o fogo estava presente em todo o espaço como um fluído sutil, e por ter essa capacidade de fluidez seria o responsável pelo calor e a separação e reorganização de substâncias em operações. A compreensão fluída do fogo tornou-se bastante válida à medida que compreende que a energia na forma de calor tem um papel primordial na natureza das reações químicas, assim, apesar de ser uma visão remota para

apontar o fogo como capaz de separar e alterar a organização das substâncias, tal ideia se assemelha com o entendimento atual para explicitar uma reação exotérmica, por exemplo.

Como podemos perceber, a tentativa para fugir das epistemologias naturalistas e realistas foram sistemáticas, e tais ações, levaram a uma epistemologia substancialista (BACHELARD, 1996) como podemos ver, o fogo seria capaz de mover-se entre os corpos, e isso, resultaria na reorganização de substâncias, ou seja, uma transformação ocorreria por conta da ação do fogo se deslocando entre os materiais constituintes. Como aponta Bachelard (1996) essa visão substancialista se fundamenta na atribuição de qualidades diversas aos materiais.

Assim, as mudanças na matéria causada pelo fogo, não eram entidades materiais independentes que pudessem ser separadas de um corpo, por isso, segundo Powers (2014), a crítica da análise do fogo trouxe debates importantes a partir de Paracelso (1494-1541), na qual trouxe à tona a existência das propriedades da matéria a partir da tria prima, - sal, enxofre e mercúrio - como um conjunto de constituintes dos corpos, como responsáveis pelas mudanças na matéria, pois o sal transmitia solidez e sabor; enxofre transportava cor, odor e inflamabilidade; e a volatilidade era transmitida pelo mercúrio, assim como a metalicidade. Entretanto, apesar de apontar que as mudanças dos materiais ocorriam a partir de propriedades, essa visão estava atrelada diretamente com os mundos material e espiritual, bem como o microcosmo e macrocosmo, apontando assim, as influências celestiais que orientavam os processos de geração e corrupção na terra, que foram processos fundamentalmente químicos envolvendo a manipulação dos princípios (id.)

Assim, a tria prima trouxe o debate acerca das propriedades, todavia para Thomas Erasto (1524-1583), tais afirmações não eram suficientes, uma vez que a análise química da tria prima não geravam princípios, mas entendimentos que eram produzidos novos produtos não presentes no corpo original (POWERS, 2014). Diante disso, os novos produtos ditos por Erasto, apontam a existência do produto como resultado de uma dada transformação, que na visão hodierna, seria uma forma de entendermos os reagentes em meio reacional, a partir de diferentes processos de interação geram novos produtos em reações completas.

Desse modo, a compreensão do fogo traz reflexões significativas acerca das transformações da matéria, e também caracterizou a transmutação da matéria. Segundo Powers (2014), Van Helmont afirmou que através da destilação de dezesseis onças de 'tártaro', um químico poderia obter trezentos gramas de 'óleo de tártaro', mas que o tártaro original não tinha uma natureza oleosa, então ficaria uma lacuna nessa afirmação. Para tanto, a implicação era que, se essa propriedade foi causada pela presença de um princípio oleoso, então ele deve estar presente no tártaro original, e por isso, Van Helmont concluiu que o óleo de tártaro foi gerado

pelo fogo, que “transmutou” o tártaro no óleo e um sal residual, e expôs que a operação era irreversível, pois se alguém tentasse reconstituir o tártaro a partir deste óleo e sal, iria produzir um sabão.

Diante disso, é pertinente perceber que essa visão de transmutação assinala algumas características de pensar em uma espécie de sistematização de uma reação, em uma visão substancialista, na qual a transmutação, segundo Bachelard (1996) ainda se preconizava relações para o conceito em estudo alinhada as propriedades das substâncias, dessa forma, ratificava-se a percepção de que as propriedades de uma determinada substância surgem no seu interior e não nas interações que podem se situar a partir dela, conforme visto no estudo de Van Helmont, e nos exemplos que serão expressos a seguir.

A capacidade de diferentes materiais ou metais se transmutarem, foram objeto de muita discussão e até atualidade dependendo do contexto esse tipo de concepção ainda emerge. Para Dufault (2015), as ideias acerca da transmutação estavam imbricadas em como uma substância pode inteiramente se transformar em outra. E para descrever processos de transformação, em diferentes correntes coloca-se ela como uma transmutação completa, por conta destas palavras, *strepho*, *ekstrepho*, *strophe*, *ekstrophe*, as quais significam literalmente um "giro" *strophe* ou mais especificamente uma inversão, *ekstrophe*, que ao longo dos anos foram empregadas comumente para significar uma transformação (Id.). Diante disso, para Dufault (2015), ambos termos trilham pela mesma raiz etimológica em que a transformação seria algo que se referia a uma transformação de superfície, como uma alteração de cor, e a transmutação uma espécie de transformação completa, ou até mesmo uma espécie de extração na qual seria possível virar a matéria do avesso e tal fato faria com que uma espécie se transformasse em outra.

Um exemplo para a transmutação como alteração de cor, Dufault (2015), aponta que dentro da filosofia alquimista, todo vapor sublimado seria um espírito, e que teria qualidades tintoriais, assim, o vapor seria um espírito que penetrava nos corpos (os metais), compreendendo que existiam fatores celestiais e terrestres, mas a qualidade tintorial seria um tipo de princípio cinético da coloração, e não a cor, mas a capacidade de transmitir cor, como se fosse uma analogia ao corante, nesse sentido, o espírito não seria destruído, mas tinha capacidade de penetrar no metal quando o operador executava suas ações.

É interessante destacar que, essas inferências acerca da transmutação vinculada a alteração de cor, está abalizada ao substancialismo do oculto, que segundo Bachelard (1996), em que ocorre uma valorização de explicações consideradas pré-científicas, a partir de explicações intuitivas e sensorialista, a partir das percepções simplórias de quem observa. E Além disso, pode atribuir virtudes e poderes para interpretar a qualidades das transformações.

De acordo com Dufault (2015), essas ideias de transmutação foram bastante representativas em diferentes períodos históricos, tanto que o filósofo Zósimo expôs, por exemplo, existe um tipo de alegoria como se existisse uma relação de semelhança entre o aparelho e o mercúrio, assim como àquela existente entre a terra e os minérios metálicos, não se faz primariamente comparação entre o aparelho com a terra (ou mercúrio com minérios metálicos), mas a relação que esses termos têm entre si.

E nesse pensamento, Dufault (2015) coloca a discussão da transmutação de Zósimo (que teve uma vida ativa entres os séculos V e VI), assumindo a escrita alegórica um ponto de comparação, e não uma explicação do tipo que foi descrito durante muitos anos pela alquimia na qual se caracterizava em descrever processos de refino de douramento, e fabricação de ouro, e também processos analógicos de purificação em humanos e não humanos. Assim, para o conceito de reação química, discutido aqui, Default (2015), aponta diferentes ideias para transmutação atreladas a uma epistemologia substancialista (BACHELARD, 1996), por exemplo, a transmutação a partir de uma teoria de simpatia natural, em que a transmutação seria uma mistura de diferentes ingredientes reativos, com ou sem referência à matéria prima.

Nessa concepção, a transmutação alquímica consistiria na obtenção do substrato não qualificado por meio de escurecimento, que ele entendeu como a fusão de metal em uma (geralmente) massa escura, e em misturar este substrato com substâncias escolhidas para reatividade simpática. E segundo Dufault (2015), seria a transmutação como uma maturação abalizada em três ideias: a primeira seria o entendimento de que metais cresceram dentro da terra, a segunda a teoria de Aristóteles da geração de metais, de acordo com o qual metais e minerais não fusíveis são produzidos respectivamente por úmido e por exalações secas dentro da terra; e a terceira ideia de que todos os tipos de metais poderiam ser reduzidos a um, ouro, e suas diferenças eram explicadas por seus diferentes estágios de "maturação". Sendo estas ideias uma das que mais contribuíram para a alquimia, por isso a contínua busca de transformar naturalmente metais em ouro.

E a terceira concepção de transmutação, para Dufault (2015), também seria a de transferência de forma, baseada nas ideias do bispo grego Sinésio (373-414), na qual também considerava verbo grego virar, *strepho*, ou trazer do avesso, *ekstrepho*, como forma de definirmos a transmutação, como uma transformação completa. Para isso, ele aponta um episódio bíblico quando o cajado de Moisés foi transformado em uma cobra, semelhantemente a fabricação do ouro e utilizando-se dos mesmos termos, e por isso, para ele não existe ambiguidade, pois ambos referem-se à extração ou reversão.

Assim, percebe-se a ideia de transformação como uma forma de transformação dos corpos, conforme também exposto na Bíblia, Exôdo, 4, 6, em que o profeta Moisés coloca a mão no peito e esta fica leprosa, e logo em seguida coloca novamente a retina sã. Além disso, pode-se entender como uma transformação da matéria, conforme citado em Bíblia, II Pedro, 3, 12, que “em fogo se desfarão e os elementos, ardendo, se fundirão” (ALMEIDA, 2015). Portanto, tais perspectivas sugerem que a transmutação vem sendo pensada em diferentes contextos sociais, além do científico, por isso, Dufault (2015), coloca que o ato de pensar uma transformação, transcende se deter apenas a natureza do material, e nesse sentido resulta em pensar como mudanças, geração de algo novo, conforme foi pensada pelos alquimistas e os pensadores escolásticos.

Trenn (1974), também traça uma distinção entre transmutação e transformação, e aponta o último como mudanças controladas ou não, podendo acontecer de forma natural, e a transmutação como uma evidência como produção espontânea de hélio a partir do rádio. Essa visão transmutação, foi a partir do trabalho Ramsay neste campo, que foi recebido com ceticismo e, claro, e controvérsias populares.

De acordo com Treen (1974), Ernst von Meyer também assinalou esses tipos de questões, e ainda que não houvesse evidência positiva a seu favor, ele trouxe a discussão sobre a possibilidade da conversibilidade mútua de elementos quimicamente semelhantes. Vale destacar que essas reflexões foram influenciadas pelas visões iniciais da transmutação, mas com o crescente avanço de estudos da Química, alguns químicos inferiram que os corpos elementares que conhecemos seriam compostos da matéria, que tinham a possibilidade de passar por diferentes transformações, como por exemplo, os eventos entre 1894 e 1903 culminaram na afirmação de que o gás inerte mais pesado estava se transmutando naturalmente em outro gás inerte, hélio. O primeiro dos gases inertes, argônio, que foi descoberto e isolado em 1894.

Dessa maneira, quando pensamos sobre o conceito de reação química, percebemos o quanto ele é articulada em livros e no processo de ensino teórico e prático ainda nesse caráter de observação de mudanças que podem passar pelo controle e crivo do experimentador, além de que as evidências são fatos que precisam ser profundos e com forte respaldo de comprovação a fim de dirimir as controvérsias como a que ocorrera com Ramsay. Nesse sentido, percebemos uma tentativa de inserir uma epistemologia cunhada no empirismo, neste caso um empirismo realista, em que coloca a experiência meramente ligada a percepção, apesar das buscas conectadas a experiência, as evidências são frágeis e atreladas a explicações do senso comum,

assim, existe uma dependência da postura do observador, do modelo explicativo e da técnica que forja a experiência.

Dando continuidade, Powers (2014), também expressa que as substâncias também seriam detentoras de poderes e virtudes, que influenciariam na ocorrência de suas transformações. Para o autor, tais fatos estariam abalizados a partir de uma filosofia corpuscular para explicar e justificar as transformações de substâncias, todavia colocariam a existência de poderes que estariam relacionados ao tamanho, forma e textura de seus corpúsculos. E ainda que os corpos sensíveis compostos de um vasto número de partículas, quando postos em movimento se transformavam durante a operação produzindo uma infinidade de efeitos impossíveis de serem determinados.

Bowles (1975), também destacou que as partículas dos corpos teriam virtudes, poderes ou forças as quais fariam com que se transformassem, e assinalou a existência de agentes causais das transformações os quais funcionavam como princípios ativos. Essa visão, por exemplo, foi a partir dos estudos de John Harris quando explicou que a fermentação seria causada por uma "operação de alguma matéria ácida ativa, que ratifica exaltações e sutilezas as partículas moles e sulfurosas" (Id, p.35) e que a ideia de matéria ácida ativa leva a noção de poderes aos materiais que seriam ativas e que se transformavam a partir de seus poderes.

Nesse pensamento, essas características de virtudes ou forças, estão alinhadas ao substancialismo do oculto (BACHELARD, 1996), na qual aponta-se a existência de uma internalidade ou valores ocultos como forma de intuição direta, ou seja, poderes e virtudes, que de alguma forma entusiasmassem no acontecimento de uma transformação. A partir dessa questão, torna-se válido discorrer que, mesmo havendo modificações nas epistemologias para se entender e explicar as reações químicas, não havia um desenvolvimento linear, e isso é importante, pois aponta a polissemia do conceito em tela, e justifica sua importância e contribuição para a Química e o ensino dela.

Uma outra visão para o conceito em estudo, seria fundamentado na reação como movimento, i. e, a movimentação que resultariam na transformação das substâncias, Van Brakel (2014) expressa que Aristóteles já discorrera sobre o movimento, mas a ideia de movimento para gerar a transformação não se efetiva quando se pensa nas operações de diferentes reações químicas, algo que na prática, para se gerar qualquer produto químico a reação depende dos fenômenos de transporte físico (de massa, calor e momento) e não poderia ser reduzido a um entendimento macroscópico e sim a partir de características de uma mecânica quântica.

Leicester (1975), cita até um exemplo a partir da reação de corpúsculos de "matéria do fogo" (calórico), do princípio do enxofre, mencionando que ele seria responsável por sua

própria transformação e isso a partir de seu contato direto com ar, na perspectiva do autor, o enxofre sempre estaria presente no ar na forma de partículas sulfurosas que poderiam se movimentar em torno dos corpos sólidos, pois o ar externo mudaria as características delas e quando posto em movimento traria partículas para eles. Para o autor, a movimentação e sua rapidez iriam propiciar o deslocamento das partículas, o que ele coloca que ar agiria como um transportador delas, e que elas seriam as responsáveis não apenas pelas reações químicas.

Herman Boerhaave, de acordo com Powers (2014), também definiu a existência do mênstruo, uma espécie de solvente, que seria capaz de possibilitar o deslocamento de sais a partir de um tipo de atração com a água do ar. Essa perspectiva, nos sugere refletir acerca da importância do fogo “aquecimento” nos processos termodinâmicos das reações químicas, pois além dele ser capaz de influenciar a geração de um novo produto, o processo de interação dos reagentes em casos específicos acerca da dependência do calor pode até não se efetivar.

A visão da reação química como um processo de deslocamento, segundo Stein (2004), influência na forma com que os sujeitos percebem uma mudança, todavia trata esse termo como uma forma de uma espécie de material se mover sem se modificar. Para o autor, é como se a reação pudesse se fragmentar, e os átomos que compõe as moléculas pudessem se deslocar como uma forma de manter uma organização dos corpúsculos. Essa compreensão, na visão de Stein (2004) também reflete nas explanações na representação de bola e varetas, quando o indivíduo consegue manipular e reposicionar no espaço tridimensional os átomos constituintes de uma molécula. Diante disso, pensar o deslocamento não é algo tão simplório, mas é preciso incorporar que em uma visão contemporânea, podemos pensar na possibilidade do ajuste ou criação de orbitais para abrigar elétrons que são compartilhados em ligações entre átomos.

Em relação a visão de reação química como movimento, ela, quando descrita como qualquer mudança se agrega a uma epistemologia realista (BACHELARD, 1996), em que as impressões do senso comum que prevalecem. Entretanto, quando se atém a implicações tal como: o ‘ar agiria como um transportador de partículas’, podemos também verificar alusões também substancialistas, principalmente considerando a capacidade do ar de transportar partículas.

Bolzan (1976), também expressa uma outra visão, que foi amplamente difundida a partir do século XVII, acerca da reação química como uma combinação, ou até mesmo como combinação química. Para Bolzan (1976), a combinação se originava nos elementos a partir da própria matéria, nesse sentido toda transformação é explicada por meio da realidade e potencialidade, às vezes com foco na prevalência de uma das contrariedades sobre outro

tornando-se assim dominante, e às vezes focando na harmonia entre essas mesmas contrariedades, a fim de permitir o aparecimento de algo.

De tal modo, é possível explicar a grande diversidade de produtos e substâncias homeoméricas (características similares entre as partes e o todo de um mesmo composto). É importante também destacar que essa visão apontada por Bolzan, acerca da combinação, foi defendida por Dalton, quando exemplificou que, a cada partícula separada da água é água, e até em outros momentos do desenvolvimento da Química sobre a possibilidade de proporção entre os elementos combinados, ou seja, qualquer parte da água seria água, e que significaria em um produto resultado de uma combinação.

Segundo Bolzan (1976), a ideia de combinações viria sob influência da filosofia grega, especificamente guiada por Aristóteles que expôs três graus de composição para as combinações, quais sejam: o primeiro a partir da combinação dos elementos: terra, água, ar, fogo, por meio da combinação das forças elementares; como por exemplo, o úmido e seco, o quente e o frio constituem a matéria dos corpos compostos, e que todas as outras diferenças são derivadas deles, por exemplo, peso, leveza. Sobre o segundo grau de composição desses elementos é aquele pelo qual as partes homeoméricas dos seres vivos são constituídos, como osso, carne e os restantes tecidos. E o terceiro e último estágio em ordem é a composição que forma o as partes do como rosto, mão e o rosto. Em conclusão, todo corpo homogêneo representa, como resultado de uma combinação o ponto exato de equilíbrio entre os elementos, ou melhor, entre as forças elementares, devidamente proporcionadas.

Para Duhem (2002), os antigos alquimistas supunham que todas as substâncias eram formadas a partir dos mesmos elementos, poucos em número, mas combinados de várias maneiras. Para o autor, Boyle foi o primeiro que ousou proclamar que, em certos casos, corpúsculos elementares podem se unir de uma forma particularmente íntima e formar um novo corpo dotado de uma individualidade tão real quanto a dos corpúsculos elementares anteriores sua união; nem o fogo, nem qualquer método conhecido de análise, pode dividir ainda mais este corpo de maneira a separar os corpúsculos que se combinaram para formar isto; nem podem os mesmos métodos subdividir corpúsculos em outras partículas, como por exemplo, o acetileno livre combina-se diretamente consigo mesmo, de forma a dar origem ao diacetileno (C_2H_2)₂, triacetileno (C_2H_2)₃ ou benzeno, tetracetileno ou estireno (C_2H_2)₄, entre outros. Bem como, a reação de amônia NH_3 com ácido iodídrico produzindo uma combinação que é iodeto de amônio NH_4 , na qual a ação de uma base sobre substância que regenera a amônia.

Segundo Grapí e Izquierdo (1997) a ideia de combinação estava alinhada à visões de Berthollet em que defendia a existência de um sistema padrão de eletivas afinidades as quais

implicavam que o resultado de qualquer mudança química era irrevogavelmente determinado e que, conseqüentemente, os produtos finais de uma mudança química não poderiam se juntar para reproduzir as substâncias originais. É interessante salientar que a partir dessa concepção de combinação conseguimos perceber algumas relações entre o uso desse termo alinhado à visão de reações como mudanças e a partir de afinidade e atração.

Conforme podemos observar, de fato, a reação química como combinação, mesmo reconhecendo os seus diferentes desdobramentos, trouxe inferências a partir de uma epistemologia racionalista, mesmo que timidamente, mas que passou a ganhar mais espaço a partir das contribuições de Boyle para a Química. E do mesmo modo, considerando a importância do termo combinação Química, Duncan (1970), assinalou a realização de diferentes definições, e assim, houve a proposição de cinco tipologias de combinações, quais sejam: combinação - tendência natural; combinação - atração de substâncias; combinação - animismo; combinação - formalismo e por fim combinação como arranjo.

Para Duncan (1970), combinação – tendência natural, era que as substâncias semelhantes tendem a se combinar. Superficialmente, isso era claramente absurdo, para substâncias que são bastante diferentes se combinam, mas pode-se dizer que a semelhança consiste em contendo um princípio comum que era responsável pelas propriedades ativas de ambas as substâncias. Por isso, o autor sugeriu que havia alguma correspondência entre as formas dos átomos ou partículas de substâncias que se combinavam prontamente e que por essa razão, as propriedades químicas deviam ser explicadas em termos das formas de partículas invisivelmente pequenas foram, é claro, que haviam sido exploradas a partir de uma visão do atomismo, por Boyle e Lemery, embora Boyle também enfatizando a partir do movimento dos corpúsculos.

Conforme podemos observar, apesar da relação de correspondência aludida por Duncan, combinação como tendência natural converge com a epistemologia naturalista de Kitcher (1998). Assim, quando se coloca que as substâncias se combinam naturalmente por meio de suas semelhanças, i. e, se pauta o real, e o que está interligado a crenças e entendimentos que são próprios das pessoas para explicar algo que o cerca.

Além disso, Duncan (1970), a partir da definição de Bergman, expôs que a existência de que as partes da matéria têm para se unir e aderir juntas, sejam essas partes homogêneas ou heterogêneas. De tal modo, todos os corpos poderiam se unir com outros corpos, desde que, existisse uma atração mútua. E tal reflexão sugeriu a combinação – atração de duas substâncias, na qual Duncan (1970) discute que muitos filósofos naturais ligaram os poderes atrativos e repulsivos de partículas com seu tamanho, arranjo, polaridade, dureza e outras propriedades.

Para o autor, isso deveu-se pela existência de uma atração como uma propriedade intrínseca das partículas da matéria, a partir das definições de Newton, em que existia a seletividade de afinidade química ou o fato de que o poder de combinação, como se uma substância pudesse ser saturada por uma certa quantidade de outra.

Segundo Duncan (1970), o uso do termo atração ou a palavra afinidade, seria, na visão dos químicos como tendência para combinar. Para o autor, a filosofia do uso desses termos teve forte influência de franceses e britânicos, em que os primeiros dariam simbolismo a afinidade, e os segundo por atração, no entanto, a partir de 1760 os dois foram compreendidos como equivalentes, embora alguns escritores expressaram preferência por uma palavra ou outra como uma forma mais clara de evitar implicações teóricas. Por isso, a combinação ficou expressa como processo em que diferentes partículas que se “movem em direção a uma outra sem determinar se elas são realmente atraídas ou forçadas uma a outra” (DUNCAN, 1970, p. 33). Dessa forma, essa segunda ideia de combinação, podemos inferir a predominância de um realismo ingênuo, conforme aponta Bachelard (1996), a reação química poderia ser associada a qualquer mudança, e do substancialismo, em específico por meio de inferências intuitivas, em que a atração e repulsão estariam ligadas a qualidades ocultas dos materiais.

Em relação a combinação química - animismo, para Duncan (1970), seria uma das ideias mais antigas e fortes na sociedade e estava unido a existência de uma simpatia ou antipatia entre as substâncias, a partir de princípios de amor e discórdia, ou amor e afeição entre substâncias, por exemplo, na teoria alcalina o ácido era frequentemente descrito em termos de conflito ou ódio, apesar de poder ser uma linguagem metafórica ou de alguma forma genuinamente descritiva os traços do significado animista original permaneceu em uso até no início do século XVIII, mas gradualmente desapareceu. Assim, conforme podemos perceber, a epistemologia animista, tem forte predominância nessa concepção, tendo em vista os atributos humanos, afetos e desejos conferidas as substâncias para forma uma reação química.

Sobre a Combinação – formalismo, de acordo com Duncan (1970), teve forte influência de Macquer, na qual estabeleceu que as combinações ocorreriam a partir de uma relação física e matemática, a partir da aplicação da álgebra e geometria à filosofia natural. De acordo com Macquer, as partes primárias e integrantes dos corpos são não são visíveis ao microscópio, como os corpos celestes são aos telescópios, de modo que a aplicação da geometria ao comportamento de tais partículas minúsculas poderiam possibilitar o melhor entendimento sobre diferentes fenômenos químicos.

Nesse sentido, Duncan (1970), destacou o uso de experimentos e suas determinações e aplicações de cálculos à Química, além de expressar em números as forças das afinidades para

diferentes substâncias. Assim, essas características acima ilustradas, na visão de Bachelard (1996), se alinham a uma epistemologia formalista, na qual se buscou tecer uma interpretação sistemática, apesar de ser muito incipiente, para explicar a ocorrência das reações químicas.

E em relação a combinação como arranjo, Duncan (1970), baseando-se na tabela de afinidade de Geoffroy considerava a classificação de substâncias de acordo com suas propriedades, nesse sentido as classificações eram organizadas de acordo com o que eles poderiam se combinar. Por exemplo, os sais aparecem como uma categoria geral nos estágios iniciais; mas ácidos e álcalis são necessariamente separados, uma vez que combinam com diferentes tipos de substâncias, embora o fato de serem sais no antigo o sentido da palavra é logo esquecido. Uma vez que os sais neutros são o produto da combinação de ácidos e álcalis eles não precisam ser incluídos nas tabelas de subposições que se combinam, exceto para mostrar que se dissolvem na água. Bem como, o enxofre às vezes é incluído entre os metais, porque também combina com vários metais, e às vezes em um grupo que sugere que representa o princípio da inflamabilidade. Dessa maneira, na visão de Bachelard (1996), essa concepção buscou alinhar, mesmo que de forma incipiente, uma epistemologia racionalista, sobretudo, em uma ótica de classificação, e por isso a menção direta a tabela Geoffrey, que na História da Química, foi um grande passo para se classificar e diferenciar dessemelhantes tipos de reações/transformações.

Van Brakel (1997), considerando as contribuições de Dalton, também ratificou a existência de diferentes combinações, que segundo o autor nominou de partículas compostas que seriam como espécies de moléculas. E semelhantemente, Trenn (1974), Rutherford apontou que achava um equívoco que muitos experimentos os estudiosos considerassem que estavam quebrando átomos em tubos de vácuo, e sugeriu que existia uma combinação, pois seria praticamente impossível quebrar um átomo e que existia uma junção dos núcleos.

De acordo com Trenn (1974), em 1799 Proust, observou experimentalmente a reação de carbonato de cobre natural dissolvido em um ácido e, em seguida, precipitado por um carbonato alcalino, e verificou que a quantidade de carbonato de cobre obtido é exatamente igual ao carbonato natural empregado no início. E diante disso, assinalou que esta transformação não ganha nem perde qualquer traço de ácido carbônico ou óxido de cobre nos sais testados. Do mesmo modo conjecturou que o carbonato de cobre preparado em laboratório, teria a mesma composição do carbonato de cobre formado nas entranhas da terra por processos certamente muito diferentes daqueles empregados pelo químico. Assim sendo, de acordo com Trenn (1974), Proust não hesitou em afirmar que todos os produtos químicos as combinações são caracterizadas por uma combinação específica absolutamente fixa independente das condições

em que a combinação é formada. Todos os casos de combinação com composição variável que se pensava ocorrer são, de fato, combinações impuras contendo um excesso de um dos componentes, ou uma mistura de duas combinações distintas dos mesmos elementos.

Entre outros aspectos, também se percebeu que o termo combinação afetou particularmente o que chamamos de propriedades químicas de substâncias, algo que foi refletido por Berthelot, ao afirmar que se a dissolução altera sensivelmente apenas as propriedades físicas, em uma palavra, se combinação e dissolução é idêntica a um e os mesmos fenômenos dos quais eles representam os extremos, é claro que toda diferença deixa de existir entre propriedades físicas e propriedades químicas do material (TRENN, 1974; LE GRAND, 1975). Por isso, Berthelot trouxe uma discussão muito pertinente acerca de uma oposição entre decomposição e combinação, questão esta análoga àquela admitida em à velha Química, segundo a qual a decomposição direta pode absorver calor, enquanto combinação direta deve sempre liberá-lo, fazendo assim uma estreita relação entre as regras da mecânica Química com discutindo a influência de reações exotérmicas e endotérmicas, para distinguir uma reação de combinação, uma decomposição ou uma decomposição dupla (LE GRAND, 1975).

Por essa razão, pensar um processo de combinação a partir de reações exotérmicas e endotérmicas significou inferir que todas as reações que liberaram calor são combinações e todas as reações que absorvem calor são decomposições. Entretanto, a decomposição que na realidade absorve uma certa quantidade de calor é acompanhada por combinação que libera uma quantidade ainda maior de calor que mascara o efeito da primeira reação.

Uma outra consideração expressa por Trenn (1974), foi que, a partir do aumento da temperatura uma reação consistiria necessariamente na destruição de uma parte dos compostos das substâncias postas para reagir, dessa forma, um sistema químico envolvendo um composto exotérmico misturado com seus elementos em equilíbrio estável, portanto, contém uma quantidade do composto reduzido na proporção de quanto a temperatura é elevada. Nesse pensamento, Trenn (1974), cita que em um nível suficientemente alto de temperatura, um estado de equilíbrio químico é estabelecido dentro de uma mistura de oxigênio, hidrogênio e vapor de água, e se a pressão aumentar um pouco sem aumentar a temperatura, uma certa quantidade de oxigênio e hidrogênio são combinados, e esta combinação libera algum calor de acordo com o princípio de trabalho máximo. Se, no entanto, a pressão diminuir um pouco sem mudar a temperatura, uma certa quantidade de vapor de água seria decomposta, e esta decomposição absorveria algum calor, contrário ao princípio de trabalho máximo. Se os proponentes do princípio do trabalho máximo aceitarem o testemunho favorável do primeiro experimento, em que bases eles baseiam a rejeição da refutação infligida pelo segundo? Uma mistura de

oxigênio, hidrogênio e vapor de água submetida a uma determinada pressão é elevada a uma determinada temperatura fixa, mas bastante alta.

Além disso, segundo Trenn (1974), depois de um certo tempo o químico equilíbrio é estabelecido e nenhum aumento ou diminuição na concentração do vapor de água na mistura gasosa é observado, mas verifica-se também que não é que oxigênio e o hidrogênio deixaram de se combinar, ou que o vapor de água deixou de se decompor, mas o número de moléculas de vapor de água que são formadas em um dado a temperatura é exatamente igual ao número de moléculas da mesma substância que se quebram na mesma temperatura. Assim, todo equilíbrio químico é uma dinâmica de equilíbrio, um estado em que as taxas permanentes de duas reações, a inversa do outro, compensam exatamente um ao outro. Nesse pensamento, a partir do exemplo supracitado, verificamos o quanto a visão exposta por Trenn traz implicações para o conceito de reações químicas, principalmente considerando os fatores de equilíbrio e a influência da temperatura para se pensar na reação como uma combinação.

Diante disso, é válido percebermos o quanto essas definições foram fundamentais para o desenvolvimento e caracterização de uma reação química e de suas propriedades, principalmente quando discutimos o rendimento, e o uso prático experimental de reagentes na geração de produtos, pensando em reações completas, incompletas, além das questões do equilíbrio químico. O que nos sugere que, tais visões foram cruciais para a epistemologia do conceito de reações químicas, e em destaque a empírica, na qual percebemos a valorização da experiência, mas ao mesmo tempo ocorre aproximações com diferentes ideias teóricas, e segundo Bachelard (1996), o empirismo permite a compreensão da experiência quando está pautada à teorias.

Portanto, essas visões expressas por Van Brakel (1997), Trenn (1974), Le Grand (1975) também ratificam que o termo combinação foi um passo importante para o conceito de reações químicas, tendo vista que as definições buscam compreender os reagentes e produtos que estavam em processos de interconversão, e assinalar fatores, técnicas e propriedades específicas do processo. Nesse sentido, não havia o uso direto, do termo reação química, por conta do próprio processo de incorporação e apropriação pela comunidade científica, mas suas definições se alinham de forma expressiva com a discussão atual do conceito em tela.

Stein (2004), também apresenta algumas reflexões, e menciona que os mecanismos que propomos para a reações químicas que estudamos são invariavelmente descritas em termos de rearranjo atômico, em quais ligações entre os átomos são formadas e quebradas de acordo com o poço princípios documentados da química. Fundamental para este entendimento de mudança molecular é uma ontologia da substância material em que as moléculas são máquinas e mudança

é um rearranjo de peças. Nesse sentido, para o autor, à transformação ambientalmente condicionada. estabelecer as bases para um conceito estrutura que se baseia em uma relação natural, que se reforça mutuamente, entre a química quântica e o pensamento do processo.

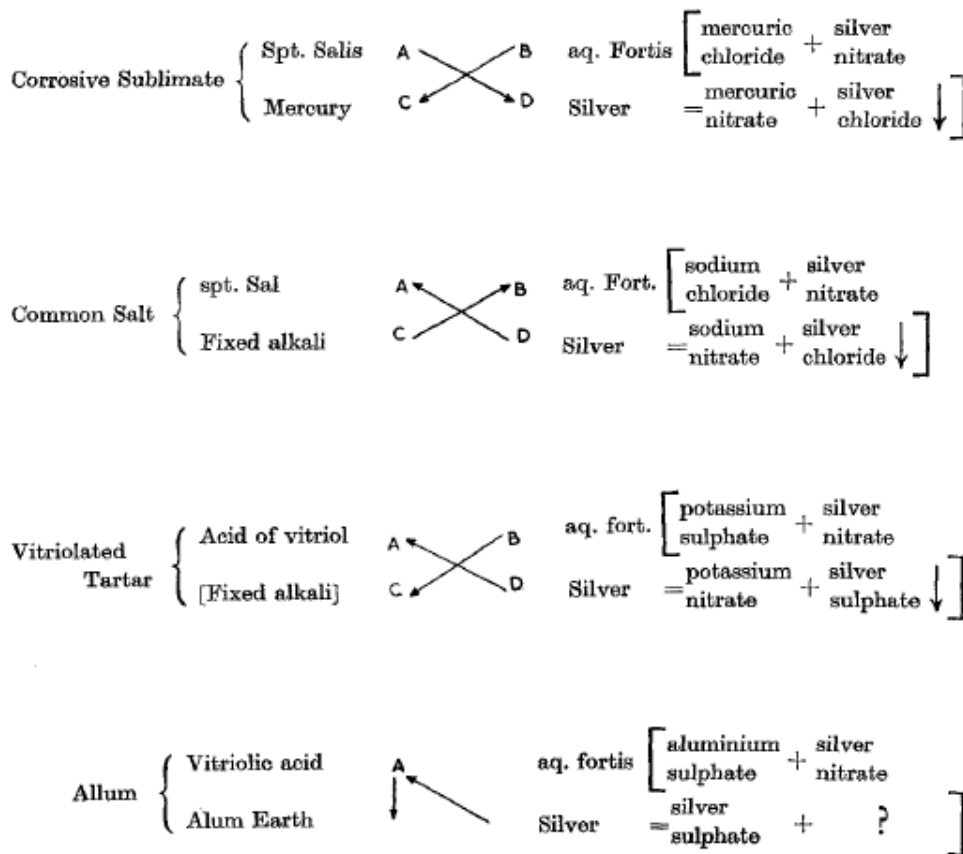
Para Stein (2004), na ontologia da substância, os processos reorganizam a matéria e, uma vez que a matéria carece de uma natureza subjetiva, os processos acontecem para importar. Em contraste com isso aponta a ontologia de processo, segundo a qual a realidade compreende processo, dinâmica e capaz de experiência. Os processos têm uma natureza objetiva, ou seja, os processos podem ser experimentados pelos sujeitos, uma natureza subjetiva, isto é, os processos podem experimentar, e são parcialmente autodeterminantes e podem entrar em relação com outros processos, e uma natureza temporal e acontecem ao longo do tempo ou, por horas defina o tempo). Para o autor, o pensamento do processo nos diz que, para responder a esta pergunta, as noções de estática material e substância devem ser rejeitados e substituídos por uma filosofia de dinamismo e relacionamento, que é determinada por suas relações com seu ambiente.

Uma outra questão, também defendida por Stein (2004), é o pensamento das reações químicas a partir de soluções analíticas que são simuladas por meio de representações. Para o autor, as representações químicas clássicas de moléculas como conjuntos rígidos de bolas e varetas dão lugar a imagens radicalmente dinâmicas nas quais o sistema elétrons são deslocalizados em todos os núcleos do sistema. Um exemplo disso, são ilustrações de reações químicas apresentando todo mecanismo dinâmico, os pares de elétrons e também de conjunto de orbitais moleculares, cada um ocupado por um par de elétrons. Que se enquadram numa filosofia do conceito que considera a estrutura química a partir de formalismo mecânico, mas que além disso, precisa também se entendido como um tratamento químico quântico de molécula em uma ênfase no relacionamento em que as moléculas são parte de um continuum de interações relacionais que são expressas por meio de distintas formas de modelagens.

Sobre a epistemologia do formalismo, Crosland (2006), foi profundamente influenciado por William Cullen e Joseph Black, que apresentaram diferentes investigações químicas, apresentando seus estudos a partir reações químicas defendendo que seriam fundamentais para explicar as interações entre as substâncias, assim de fato a equação química foi talvez ainda mais necessário na química nos anos anteriores à reforma da nomenclatura química na década de 1780. De tal modo, Cullen e Black ajudaram muito a esclarecer para seus alunos o curso das reações químicas, particularmente aqueles que envolvem decomposição dupla, pelo uso de diagrama esquemas matemáticos.

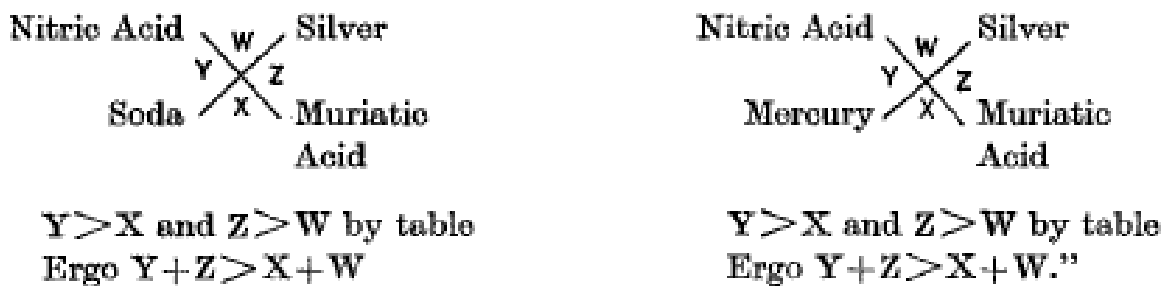
Segundo Crosland (2006), foram estabelecidos três tipos distintos de diagramas para representar as reações químicas, quais sejam: O uso de flechas pelo Cullen desenhados diagonalmente (Figura 13); O uso de linhas diagonais ou 'alavancas' para representar as forças de atração e repulsão entre as partes constituintes dos sais (Figura 14). E o uso de círculos adjacentes pelas pretas, cada um dividido por um diâmetro, para representarem pares de compostos reagentes (Figura 15).

Figura 13: Representações de equações químicas – exemplo 1



Fonte: Crosland (2006).

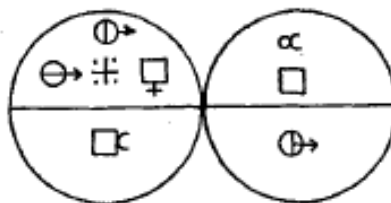
Figura 14: Representações de equações químicas



Fonte: Crosland (2006).

Figura 15: Representações de equações químicas

The diagrams in this MS. are essentially the same as those in the MS. of 1770, although diagram No. 3 of the latter includes a slightly different range of substances, as is shown by the scheme⁴⁵ :



Fonte: Crosland (2006).

Assim, para o desenvolvimento filosófico do conceito de reações químicas, esses modelos foram significativos, pois ajudam a refletirmos acerca dos diferentes aspectos que as equações químicas tiveram com o passar dos anos, logo, ajuda no entendimento desse conceito que é tão rico e repleto de especificidades epistemológicas. Por isso, para Crosland (2006), tais contribuições foram imprescindíveis para o ensino de Química, uma vez que os diferentes símbolos, que descreviam as reações, ajudaram a partir do final do século XVIII a melhorar cada vez mais as representações de diagrama das reações químicas, além de permitir estabelecer relações matemáticas para interpretar e explicá-las, ratificando assim, a epistemologia formalista com aproximações racionalistas e também da modelagem do conceito em tela, conforme discutido anteriormente.

Diante disso, com base no estudo de Crosland (2006), podemos perceber que as aproximações com a epistemologia racionalista, possibilitou refletir acerca das representações, por isso, até hoje, uma reação química apresenta diferentes tipos de ilustrações em livros didáticos da Educação Básica e do Ensino Superior, como forma de facilitar a compreensão de professores e estudantes. E conforme observamos nas Figuras, 13, 14 e 15, representar simbolicamente uma reação é algo muito importante e incorpora uma linguagem explicativa que é própria da Química, que ajuda em explicações, definições e em aplicações.

E uma outra questão que Stein (2004) trouxe diz respeito ao pensamento de uma reação química por meio de interações relacionais, na qual aponta a existência de três níveis de interações, sendo que o primeiro ocorre interações atômicas que são definidas entre núcleos e elétrons e que estas são as responsáveis pela identidade química do átomo. O segundo, as interações se manifestas por meio de ligações quimicamente permitidas, o que ele citou de cola molecular a qual impede com que as moléculas sejam destruídas e tenham mais resistência em

uma dada reação química. E uma terceira, é que as reações reagem com o meio ambiente, a partir do primeiro nível em que ocorre a relação das informações sobre os átomos e moléculas as quais ganham uma definição estrutural, e do segundo nível que é discutido com maior profundidade de complexidade composicional.

E considerando tais questões, Stein (2004), cita as reações enzimáticas, na quais são iniciadas pela combinação da enzima, seguida da formação de um complexo a partir do qual ocorre a transformação química. Por exemplo, a reação catalisada pela acil acilamidase, como todas as reações enzimáticas, procede por um mecanismo no qual o substrato é inicialmente extraído de solvente aquoso e ligado pela enzima dentro de um microambiente que é conhecido como o sítio ativo, e que dentro dele o transcorre a formação do substrato para o produto. Após a conclusão da reação, o produto se dissocia do local ativo e, ao fazê-lo, libera a enzima para outra rodada de catálise. Assim, para Stein (2014), podemos pensar na relação nucleofílica, primeiro nível da interação da reação química, das ligações produzidas pela acil-enzima reagindo com a água para produzir o segundo produto, ácido acético, e para liberar a enzima e por fim, a molécula de enzima que permite verificar a transformação catalítica que define a reação e a possibilidade de ser conduzida pela reação dinâmica esponja do conjunto ao seu ambiente aquoso.

Portanto, diante dessas definições estruturadas por Duncam (1970), Crosland (2006) e Stein (2014), verificamos o quanto contribuíram para a filosofia do conceito de reação química, pois a partir delas se pode estabelecer os moldes de uma epistemologia racionalista para o conceito em tela, ou seja, explicar que em uma ótica formalista, podemos pensar nas relações matemáticas que envolvem uma dada reação, assim como, na importância das representações e classificações para torna-las mais didáticas e explicativas. E por fim, o pensamento racional para explicar a dinâmica de interações, considerando suas especificações submicroscópicas, além de ajudar na reflexão de um pensamento pragmático para realmente sabermos as aplicações das reações químicas em nossas vidas.

E considerando outras visões postas, ao pensar na filosofia do conceito de reações químicas, de acordo com Duhem (2002), o ato de misturar substâncias diferentes emerge primeiramente a ideia de mistura, por exemplo, se jogarmos um pouco de açúcar em um copo de água, depois de um curto período de tempo, o sólido branco de corpo cristalino que constitui o açúcar desaparece, e o copo não contém mais do que um líquido homogêneo, transparente como a água. Ainda para o autor, na visão de um químico, neste evento o que ele poderia explicar seria a existência de uma solução de açúcar em água.

Diante disso, vimos duas descrições, embora que distintas, apresentam entendimentos acerca de um mesmo processo. A concepção que surge é sobre o entendimento de que a ação do homem de misturar substâncias, como aponta Duhem (2002), é uma forma de despendar elementos, que podem por diferentes técnicas serem recuperados, quando possível, como no exemplo supracitado. Entretanto, a visão que influencia as pessoas é que a ao realizar e observar transformações no seu dia a dia, podem entender como desaparecimento, e se não tiver um conhecimento químico, não saberá proceder a partir de determinadas circunstâncias.

Assim, fica perceptível que a concepção de desaparecimento, que também se estende as reações químicas/ transformações químicas na qual em uma dada reação química, a partir da observação, alguns componentes desaparecem, e que segundo Duhem (2002), quando desaparece, na ótica do observador ele realmente deixou de existir, e caso for colocado uma nova substância, na ótica do observador, é formado um novo corpo que se distinguem pelas propriedades dos elementos que o produziram. E nesse sentido, o que não pode ser mais percebido, significa que desaparece.

Duhem (2002), também fala que tal fato também estabelece a ideia de que ocorre a destruição dos elementos que formavam determinada transformação, uma vez que após o desaparecimento eles não têm qualquer existência real. De fato, sabe-se que dependendo do processo, eles ainda existem, mas como diz o autor, apenas potencialmente, pois para ele quando ocorre o desaparecimento ou a destruição, significa que existe a possibilidade também de regeneração e que as características que a determinam pertencem não apenas ao corpo como um todo, mas também a cada parte.

Para Le Grand (1975), o desaparecimento seria modificações que ocorreriam a partir de diferentes processos de atração molecular, que teriam a influência da temperatura, algo próximo ao que mencionamos anteriormente acerca das combinações. Por isso, quando uma modificação ocorre sem mudança de temperatura, e, conseqüentemente, sem variação tangível no calor, a quantidade de calor liberada pela modificação mede o trabalho realizado por ambos internos e externos forças que determinam a modificação. Mas de acordo com as ideias de Lavoisier e Laplace, se a mudança de estado é realizada a uma temperatura constante, este trabalho é medido pela quantidade de calor liberada pelo conjunto de corpos, assim todas as mudanças de estado físico ou químico que em si começa em um conjunto de corpos mantidos a uma temperatura constante é acompanhada por uma liberação de calor.

Nesse pensamento, a ideia de reação química como desaparecimento e destruição acaba ratificando uma epistemologia substancialista do oculto e íntimo, pois ocorre uma explicação intuitiva e sensorialista, em que as percepções macroscópicas que prevalecem, e não há um

esforço para que isso seja realmente explicado de forma mais detalhada. E além disso, as substâncias que compõem uma transformação demonstram ter poderes ocultos, como a regeneração como se fosse uma qualidade profunda para permitir a ocorrência da transformação e a posterior desaparecer ou destruir-se.

Um outro modelo filosófico, segundo Grapí e Izquierdo (1997), foi também estabelecido por Berthollet no que ele chamou modelo de interpretação da mudança química. Quando Berthollet apresentou sua visão da mudança química, sustentou que o resultado de uma mudança química seria predeterminado pela ordem eletiva estabelecida entre dois reagentes substâncias no que era conhecido como tabelas de afinidade.

Vale destacar que, Berthollet não modelou seu sistema no terreno formal físico-matemático de atrações de curto alcance, mas em torno do fenômeno da neutralização entre ácidos e álcalis, na qual considerou que tudo o que pertence à ação química dos ácidos e álcalis também foram encontrados nas mudanças químicas em que as distintas propriedades das substâncias reagentes decaíram (GRAPÍ; IZQUIERDO, 1997). É interessante salientar que, para os autores, além da investigação de caráter químico, havia interesses econômicos e políticos associados à melhoria de diferentes reações químicas, por conta da busca de processos alternativos para a fabricação de refrigerantes e economia de combustível na produção de sal foram fatores que favoreceram ou recanalizaram o interesse no comportamento químico de certas substâncias (como o nitrato, refrigerante e sal).

Nesse sentido, conjecturando a filosofia do conceito de reação química, verificamos que ele não apenas se estabelece numa ótica epistemológica e ontológica, mas como algo pragmática e que se interrelacionam como o desenvolvimento político, econômico e social. Assim, pensar as reações químicas, sejam como mudanças, transformações, interações, combinações significam incorporá-las a um contexto amplo e complexo no qual a política interna econômica, social e a política educacional e externa desempenham papéis importantes.

Desse modo, as reações químicas se ancoram em uma epistemologia pragmática, i. e. vai além dos aspectos científicos, e que segundo Dewey (1929) e James (2006), torna-se algo útil e passível de aplicação. Por isso, a epistemologia pragmática não abandona o caráter racionalista para se pensar nas reações químicas, mas busca refletir sobre sua importância para a sociedade e influência direta na vida das pessoas.

King (1984), também afirma que os estudos sobre mudanças químicas além de considerarem a relação com o contexto social, envolve a ligação direta entre as mudanças químicas e os sujeitos que fazem a interpretação destes processos, Assim, o autor coloca que é importante percebermos esses dois fatores, não apenas o resultado da reação química, mas

também o curso da mudança química, pois historicamente, o verdadeiro significado da determinação das taxas de reação química precisam ser explorados, e quando isso não ocorre parece que as reações químicas não ganham um significado social, além de que os químicos não conseguem entender o mecanismo, fazer aplicações, prever e sugerir soluções que eventualmente podem controlar diferentes reações químicas. Para tanto, King (1984), cita o trabalho de Augustus Vernon Harcourt e seu colaborador William Esson em que realizaram as primeiras tentativas de resolver as etapas dentro de uma mudança química e as taxas que ocorrem, contribuindo para o primeiro trabalho quantitativo sobre a taxa de hidrólise da cana-de-açúcar em 1850 por Ludwig Wilhelmy, e o eventual estabelecimento de estudos de taxas buscando colocar um significado para as reações químicas verificáveis, a partir do controle e aplicação experimental.

A partir desse caráter experimental, Plesch (1999), menciona a existência de uma filosofia da mudança química a partir de uma visão empírica, na qual as mudanças químicas seriam registradas por instrumentos acompanhados por mudanças visíveis em que o sujeito não precisaria sair do desconhecido apenas se detendo a confiança de suas informações sobre os fenômenos, mas também por meio das leituras dos instrumentos. A autora até menciona o exemplo de que, o químico observador pode obter diretamente através seus sentidos, por exemplo, a cor e a forma do cristal, o cheiro e o sabor de um composto, as mudanças visíveis na clareza, tensão superficial e viscosidade das soluções durante as reações químicas ou o aparecimento de novas fases, podem fornecer uma riqueza de informações e, a esse respeito a experiência do químico tem uma contribuição social e seus conhecimentos um valor pragmático.

E além disso, para Plesch (1999), as mudanças químicas apesar poderem ser controladas, o rendimento de uma reação, e a natureza e extensão podem ocorrer imprevistos ou resultados indesejados, por exemplo, a formação de subprodutos, podem ter resultados incertos, pois existe o papel humano em entender a natureza das reações químicas. Por isso, devemos sempre pensar que uma reação química não é algo imutável, mas sim passível de ser refletida e que ela, ou mesmo de uma espécie de estrutura química, estará sempre sujeita a especulações, ser compreendida de forma incidental e premente a problemas.

Uma outra discussão é sobre os fatores termoquímicos que envolvem uma reação química, segundo Leicester (1975), Berthelot trouxe algumas reflexões buscando estabelecer uma distinção entre transformações físicas e químicas e para isso mencionou a ação de que uma mistura de hidrogênio e cloro é transformada em ácido clorídrico, e a ação pela qual o gelo é transformado em água ou a água em vapor, há um toda a gama de tipos de transformações, e a

passagem de uma para a outra é extremamente suave para ser dito em que as mudanças químicas param e as mudanças físicas começam.

Le Grand (1975), já havia mencionado o calor seria o principal responsável pela combinação do flogisto e ar desflogisticado, e que a presença do ar fixo estaria relacionada com a quantidade de calor originalmente presente nesses dois constituintes. E a partir de em um olhar mais complexo, Van Brakel (1997), já aponta que existe uma energia, que ele nomina de paradoxo de Gibbs e defende a entropia de misturar substâncias, independentemente de serem ou não semelhantes, para isso, o autor cita a importância da termodinâmica como o processo que pode controlar as reações químicas. Nesse sentido, Van Brakel (1997), aponta que a quantidade de calor gerada por uma reação ou uma dada transformação varia com todas as circunstâncias que envolvem a reação ou a transformação: temperatura, pressão, o maior ou menor estado de dissolução das substâncias. Para todas as reações importantes da química, é preciso se conhecer os fatores termodinâmicos e quantidade de calor e as demais variáveis, e isso para o entendimento de diferentes reações químicas acompanhadas experimentalmente.

Diante disso, Van Brakel (1997), discorre que os adeptos das ideias de Berthollet tiveram que estabelecer uma linha de demarcação insuperável entre a mecânica química e a mecânica física, para considerar um absurdo a concepção de uma físico-química. A distinção entre as mudanças de estado que as observações nos revelam em modificações físicas e reações químicas pareceram-lhes, a princípio, como uma maneira conveniente de evitar as inúmeras contradições de sua teoria com experimentar. Mas a própria flexibilidade do método, a facilidade com que foi adaptado nas explicações mais complicadas, a facilidade com que uma única transformação passou do domínio da química ao domínio da física, convenceu mentes lógicas melhor do que longos argumentos de que é fantasioso procurar um limite entre as mudanças de estado físico e reações químicas.

De tal modo, pensar na filosofia das reações químicas, para Van Brakel (1997), é pensar nas relações termodinâmicas, pois se acompanhar a temperatura é possível entender diferentes sistemas de transformações, sejam eles exotérmicos ou endotérmicos. Por isso, para o autor a visão de uma mecânica Química para as reações químicas se baseia na perspectiva da aproximação de Born-Oppenheimer na qual assume que em uma molécula onde não há interações entre elétrons e núcleos, encontrando-se na base dos sucessos mais importantes da química quântica, está fundamentado no paradigma molecular químico clássico (ou seja, a imagem de um semiestrutura rígida de átomos conectados por ligações que giram e transladam no espaço comum à medida que o tempo passa). Se descartarmos a última suposição, a mecânica quântica e a química tradicional estão em contradição absoluta.

Para Van Brakel (1997), um bom exemplo é a amônia, um gás (macroscópico) com a fórmula química NH_3 , em que a forma mais simples de amônia assim entendida é, de acordo com mecânica quântica, uma superposição de dois estados estacionários (o solo estado e o primeiro estado excitado). Isso só dá distribuições de probabilidade para a posição dos átomos de nitrogênio e hidrogênio - um problema no nível de átomos semelhantes aos de estruturas de ressonância no nível químico títulos mencionados anteriormente.

Além disso, Van Brakel (1997) também mencionada que uma reação química é algo filosoficamente compreendido a partir de métodos numéricos que ao longo dos anos está atrelada a dados que podem e precisam ser previstos, a partir de diferentes cálculos e parâmetros. O que na nossa perspectiva ratifica que a visão moderna para as reações químicas está abalizada em uma epistemologia formalista, quando valoram as relações quantitativas da estequiometria, empírica, por meio de procedimentos experimentais atrelados a teorias, e racionalista, considerando processos termodinâmicos e suas múltiplas formas de representação e classificação. Por isso, Shumer (2004), defende que uma reação química seja entendida a partir de suas mais variadas características, e que elas se aproximem cada vez mais das pessoas e da própria Ciência.

Shumer (2004), também aponta a existência do que para ele parece ser um jogo de palavras para a Ciência moderna, e que é uma questão que tem incomodado muitos filósofos desde então, é sobre entender as reações químicas, pois muitos pesquisadores trazem visões simplistas para um conceito que é tão rico, e apenas se detém atomismo e a evidenciar qualquer mudança como uma mera reorganização dos átomos, de forma imutável. Para ele, a reação química é a abordagem integradora que combina conceitualmente substâncias e processos em uma rede de relações dinâmicas, de tal forma que as substâncias e reatividades definem-se mutuamente, tanto a nível experimental como teórico.

Então, entender as reações químicas significa compreendê-las a partir de suas aplicações para entendimentos em sistemas complexos, na qual a natureza submicroscópica, ao mesmo tempo que deve ser compreendida, deve estar entrelaçada com as percepções dos cientistas e de seus significados para a sociedade. Para que assim, não se detenha a meras representações, equações ou entendimento de mudança, interação ou combinação, mas como algo que tem um valor pragmático, pode ser aplicado em diferentes contextos e contribui com o desenvolvimento político, econômico, ambiental e social.

Assim sendo, pudemos verificar que o conceito de reações químicas é de grande importância para a Química e para a sociedade como um todo. Que passou por diferentes desdobramentos ao longo da história, os quais possibilitaram que ele se desenvolvesse cunhado

em diferentes significados que são pragmaticamente poderosos no discurso social, sobretudo no científico. E por isso, o conceito de reações químicas se apoia em diferentes epistemologias, conforme verificamos nesta seção, que foram e são cruciais para entendermos os modos de pensar e formas de falar as reações químicas em seus variados contextos de aplicação.

5.3 O conceito de reações químicas em livros didáticos

O conceito de reações químicas ao longo da história passou por diferentes desdobramentos, e de fato, foi incorporado pela comunidade científica numa transição bastante relevante da segunda metade do século XVIII ao início do século XIX, com eventos marcantes e contribuições memoráveis, conforme discutido em outras seções desta tese. Assim, após a consolidação desse conceito, a forma de chegar para a comunidade científica e sociedade, é por meio de livros e artigos, e por isso, buscamos nesta seção apresentar uma breve discussão de como o conceito de reação química é explicitado em alguns livros didáticos do Ensino Superior, e outras publicações recentes como forma de contribuir na identificação de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos para a proposição das zonas do perfil conceito de reações químicas.

Vale destacar que, nesta seção iremos nos deter a realizar uma exposição da perspectiva didática do conceito de reações químicas, descrevendo como ele é literalmente apresentado em alguns livros didáticos e publicações atuais, as quais compreendemos como relevantes para o conceito em tela. Para tanto, selecionamos três livros didáticos de Química Geral do Ensino Superior, sendo eles, Brown, LeMay e Bursten (2005), Atkins e Jones (2012), Kotz e Treichel Jr. (2009), e uma breve discussão acerca das contribuições de Gerhard Ertl, físico alemão, professor emérito do Departamento de Química e Física do Instituto Fritz-Haber da Max Planck de Berlim, ganhador do Nobel de Química de 2007.

De acordo com Atkins e Jones (2012), podemos entender as reações químicas como sendo processos em que a matéria se transforma em outras substâncias, ou seja, uma ou mais substâncias iônicas ou moleculares, formadas por átomos que se convertem por meio de uma reação espontânea ou induzida em outras substâncias ou compostos. E é a partir desse caráter de transformação que conseguimos observar as propriedades das substâncias e as diferenças entre as substâncias produzidas com as utilizadas no ponto de partida.

Conforme expressam Kotz e Treichel Jr. (2009), a Química tem como um de seus principais objetivos controlar e inferir definições acerca das reações químicas. Para os autores, quando discorreremos sobre a Química logo podemos pensar em reações químicas, o que também

nos induz a pensar que uma reação química é uma mistura de produtos químicos na tentativa de gerar algo ou de observar alguma transformação.

De acordo com Kotz e Treichel Jr. (2009), Lavoisier conseguiu demonstrar que a matéria não pode ser criada e nem destruída. Por isso, os autores apontam um exemplo a partir da utilização de 10g de reagentes e se a reação converter completamente os reagentes em produtos, logo teremos que ter 10g de produtos, isto é, se os reagentes tiverem mil átomos de determinado elemento, esses mil átomos deverão aparecer de alguma maneira nos produtos.

Segundo Atkins e Jones (2012), uma reação química pode ser representada pela união de reagentes e produtos a partir de uma flecha:

Reagentes → Produtos

Por exemplo, quando uma pequena quantidade de metal sódio é colocada em um recipiente com água, ocorre uma reação violenta, com formação rápida de gás hidrogênio e de hidróxido de sódio que permanecem em solução, e para isso podemos descrever esta reação das seguintes formas:

Sódio + água → Hidróxido de sódio + hidrogênio (descrição por palavras) (1)

$\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$ (Equação esqueleto) (2)

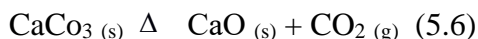
$2 \text{Na}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$ (Equação química balanceada) (3)

Para Kotz e Treichel Jr. (2009), estas formas de representação são extremamente importantes para os múltiplos estudos da Química. Assim, em uma reação química as fórmulas para os reagentes, as substâncias combinadas na reação, são sempre apresentadas à esquerda da seta, e os produtos, as substâncias produzidas, à direita.

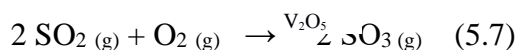
E conforme observamos na representação 2, esta é denominada de equação esqueleto que de acordo com Atkins e Jones (2012), é uma forma de ilustrar um resumo qualitativo de uma reação química. E a expressão 3 é uma forma de ilustrar as reações quantitativamente, nominadas de equação química balanceada, na qual existem quatro átomos de H, dois átomos de Na e dois átomos de O em cada lado da equação, de acordo com a lei de conservação das massas.

No exemplo 3, os números que multiplicam todas as fórmulas químicas de uma equação química são chamados de coeficientes estequiométricos das substâncias, e vale salientar que o coeficiente 1 (como para o H_2) não é necessário explicitar. E em uma equação química também mostramos no lado esquerdo os estados físicos dos reagentes, assim, o símbolo (s) indica sólido, (l) líquido, (g) um gás e (aq) solução em água, sendo que esta é uma forma de ilustrar uma substância que foi dissolvida em água.

Em diferentes livros de Química do Ensino Superior (ATKINS; JONES, 2012, KOTZ; TREICHEL JR., 2009) algumas reações químicas ilustram a flecha com a letra grega Δ (delta) sobre ela para indicar aquela determinada reação requer temperatura alta. Por exemplo, na conversão de calcário em cal, que ocorre a 880°C e pode ser descrita da seguinte forma:



Outras reações também podem ser representadas na presença de um catalisador, que é um tipo de substância que é utilizada para acelerar uma reação sem ela ser consumida. Por exemplo, o pentóxido de vanádio V_2O_5 , que é um catalisador utilizado em processos industriais na produção de ácido sulfúrico. E por isso, na reação em que esta substância é utilizada, a flecha da reação fica ilustrada assim:



Segundo Campos (S/D), para a obtenção de uma substância química é importante ter conhecimento sobre o grau de pureza da matéria-prima, do rendimento do processo e da relação entre massas e volumes das substâncias. Em escala industrial, ganha importância a relação custo/benefício, isto é, a quantidade e o custo dos reagentes em comparação à quantidade e ao custo das substâncias obtidas (produtos).

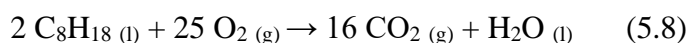
É necessário, deste modo, ter o devido cuidado para não se utilizarem reagentes em excesso, o que implica em prejuízo. Essas informações permitem dimensionar os equipamentos empregados e avaliar a rentabilidade do processo. O estudo das reações das etapas do processo de obtenção de materiais envolve cálculos de quantidades de substâncias participantes. Esses cálculos são chamados de cálculos estequiométricos.

É pré-requisito para o estudo da estequiometria de um processo o conhecimento da reação química envolvida, o seu balanceamento, o uso do conceito de mol e o relacionamento entre as quantidades de substâncias (KOTZ; TREICHEL JR., 2009). Assim, para realizarmos estes cálculos devemos:

- a) Escrever as equações químicas das reações envolvidas no problema, de modo a equilibrar os coeficientes estequiométricos da equação;
- b) Estabelecer proporção entre as grandezas envolvidas, obedecendo aos coeficientes da equação (os coeficientes indicam a proporção entre o número de mols);
- c) E, se necessário, fazer a transformação do número de mols para outras grandezas (massa, volume, número de moléculas, etc.)

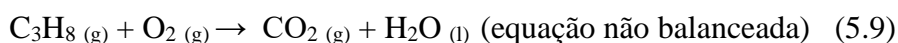
De acordo com Atkins e Jones (2012), os coeficientes estequiométricos que multiplicam as fórmulas químicas em qualquer reação balanceada nos dão o número relativo de mols de cada substância que reage ou é produzida em uma reação. Sendo assim, o balanceamento simboliza as mudanças qualitativa e quantitativa que ocorrem em uma reação química, e os coeficientes estequiométricos nos mostram os números relativos de mols dos reagentes e produtos que tomam parte na reação.

Considerando a história da Química, uma das primeiras reações químicas que foram utilizadas no desenvolvimento da humanidade, para o cozimento de alimentos e afugentar animais foi a de combustão a partir da queima de combustível em oxigênio acompanhada de liberação de calor (MAAR, 2008). Por exemplo, com a queima do octano, C_8H_{18} , um componente da gasolina seria:

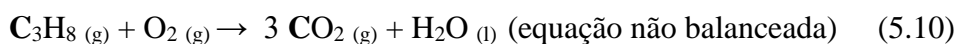


Em todas as reações de combustão que envolvem o oxigênio, algumas substâncias, ou todas elas, terminam como óxidos, isto é, compostos que contêm oxigênio (KOTZ; TREICHEL JR., 2009). Para hidrocarbonetos, compostos que são formados por carbono e hidrogênio, os produtos são sempre dióxido de carbono e água.

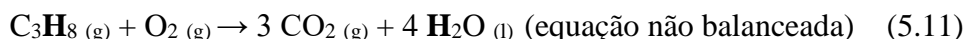
Sendo assim, pensando ainda na reação de combustão completa, o balanceamento primeiramente é estruturado a partir da equação esqueleto, tendo em vista as substâncias que serão utilizadas como reagentes e os possíveis produtos que poderão gerar, como a reação completa do propano, C_3H_8 , explicadas por (KOTZ; TREICHEL JR., 2009):



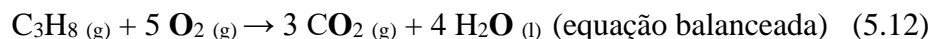
No contexto do ensino, nas reações de combustão, conforme a ilustrada acima, geralmente ocorrem o balanceamento dos átomos de carbono, seguidamente dos átomos de hidrogênio e, por último, os átomos de oxigênio, tendo em vista que o oxigênio pode ser percebido em mais de um produto. Neste caso, três átomos de carbono estão nos reagentes e, assim sendo, deve também ter três nos produtos, por isso três moléculas de CO_2 , são postas no lado direito.



Quando se realiza entre os átomos de hidrogênio, há oito átomos de H nos reagentes, e cada molécula de água tem dois átomos de hidrogênio, portanto, quatro moléculas de água respondem pelos átomos de hidrogênio necessários do lado direito.



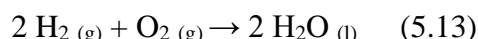
Já no balanceamento do número de átomos de O, existem átomos no lado direito ($3 \times 2 = 6$ no CO_2 mais $4 \times 1 = 4$ na H_2O). Sendo assim, cinco moléculas de O_2 suprirão os dez átomos de oxigênio que precisam.



Para finalizar todo o processo é preciso analisar se o número de átomos de cada elemento está balanceado. E é preciso, sobretudo, que as fórmulas dos reagentes e produtos estejam corretamente expressadas, assim como a quantidade de átomos (nos subscritos) estejam certos e não podem ser modificados no processo de balanceamento.

A partir do processo de balanceamento, podemos estabelecer as relações de massas em variadas reações químicas. Essas relações podem ser entendidas como a estequiometria das reações, que são procedimentos quantitativos na predição das massas de substâncias e volumes envolvidos nas reações químicas.

De acordo com Atkins e Jones (2012), a estequiometria tem aplicações práticas importantes, como a predição de quantidade de produto que se forma em uma dada reação. Um exemplo dado pelos autores é sobre a célula combustível de um ônibus espacial, por exemplo, o oxigênio, reage com hidrogênio para produzir água, que é essencial à vida. Primeiramente, a partir da equação química da reação:



Nesse tipo de reação, logo percebemos que 1 mol de O_2 reage para formar 2 mols de H_2O , assim podemos estabelecer a razão molar da reação, que nos permite relacionar a quantidade de moléculas de O_2 à quantidade de moléculas de H_2O a serem produzidas, isto é:

1 mol de O_2 (substância utilizada) — 2 mols de H_2O (substância desejada)

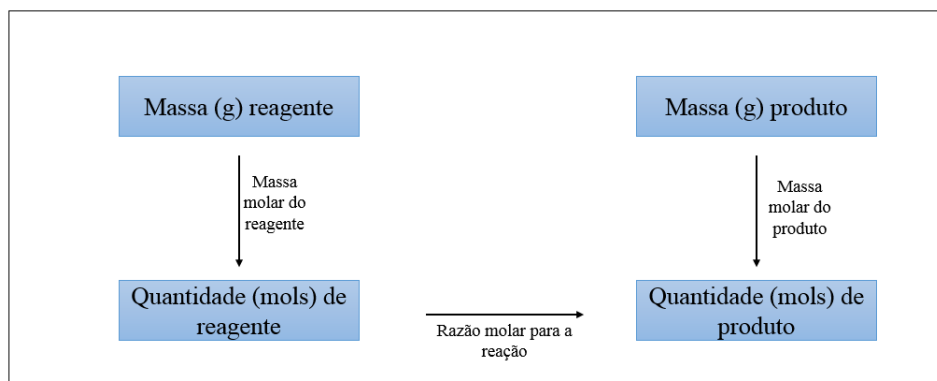
Considerando a razão molar, nos estudos estequiométricos, é expresso o fator de conversão para relacionar as substâncias:

$$\frac{\text{substância desejada}}{\text{substância utilizada}} = \frac{2 \text{ mols de } \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol de } \text{O}_2}$$

Diante disso, considerando a equação química balanceada de uma reação podemos estabelecer o fator usado para converter a quantidade de uma dada substância em outras (ATKINS; JONES, 2012). Essa mesma ideia pode ser aplicada para a predição de massa de produto a partir da massa conhecida por um dado reagente, mas para isso é necessário estabelecer a conversão da quantidade de gramas de reagentes em mols e realizarmos a razão

molar da equação balanceada para, depois, converter os mols em produtos formados em gramas, conforme apontado na Figura 16.

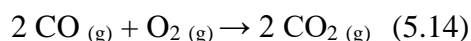
Figura 16: Representação da predição massa a massa



Fonte: Atkins e Jones (2012).

Portanto, esse tipo de relação de mols e massa nos permite observar que a massa é sempre conservada nas reações químicas, e isso significa que a massa total anterior a uma reação é igual à massa após a reação, ajudando assim em diferentes ações no processo de ensino e nas aplicações acerca da estequiometria das reações. Entretanto, isso não significa que a quantidade total de reagentes em mols seja a mesma do que nos produtos, uma vez que os átomos se rearranjam em moléculas, íons ou compostos iônicos diferentes no decorrer de determinadas reações (ATKINS; JONES, 2012).

Além dos rearranjos, considerando a natureza submicroscópica, em nem toda reação química a quantidade de reagentes utilizada é toda ela transformada em produtos. De acordo com Kotz e Treichel Jr. (2009), na execução de determinadas reações geralmente o objetivo principal é obter a maior quantidade de produtos possível. Todavia, em alguns casos uma parte da quantidade em massa de reagente usada, não é consumida, o que gera o nominado reagente limitante, pois sua quantidade determina, ou também pode limitar a quantidade de produto gerado. Por exemplo, em uma reação de oxidação do monóxido de carbono a dióxido de carbono:



Considerando a equação química balanceada acima, se supusermos que ocorra a reação de quatro moléculas de CO e três moléculas de O₂, as quatro moléculas de CO necessitam apenas de duas moléculas de O₂ (e produzem quatro moléculas de CO₂). Então isso significa que uma molécula de O₂ permanece sem reagir ao final da reação, dessa forma, o CO é o reagente limitante e o gás oxigênio se encontra em excesso na reação (KOTZ; TREICHEL JR., 2009).

As relações quantitativas também especificam o rendimento das reações químicas. E o

rendimento de um composto é a quantidade de material que poderia ser obtida no laboratório ou em outro tipo de processo. Para determinar uma quantidade específica de rendimento percentual, é determinado assim:

$$\text{Rendimento percentual} = \frac{\text{redimentodefato}}{\text{redimentoteórico}} \times 100\%$$

De tal modo, o rendimento percentual é o resultado da razão entre a quantidade de material que pode ser obtida em laboratório pela quantidade máxima de produto que pode ser calculada de uma reação química. Sempre que ocorre alguma perda em algumas reações químicas, e também como algumas delas não se processam completamente até os produtos, isso pode gerar produtos que não eram esperados, por isso o rendimento é algo muito importante na natureza das reações químicas (KOTZ; TREICHEL JR., 2009).

Considerando o âmago do conceito de reações químicas, podemos também mencionar que algumas reações químicas apresentam características bem específicas indo além do rendimento, mas considerando a quantidade de energia produzida nelas. Kotz e Treichel Jr. (2009), definem como reações exotérmicas e endotérmicas, sendo um processo exotérmico quando envolve a liberação de energia de um sistema para o ambiente que tem como exemplo uma reação química de combustão, já no processo endotérmico a energia absorvida para a ruptura de ligações é maior do que a liberada na formação de outras ligações, por exemplo, ao cozinhar algum alimento fornecemos energia para que este cozinhe, i. e., utilizamos um processo endotérmico a partir da absorção de calor para o sistema.

Ademais, podemos citar que existem diferentes tipos de reações, entre elas a de combustão, que já exemplificamos anteriormente, dentre outros, quais sejam, de oxidação-redução, de fermentação, de saponificação, de ácido e base, de decomposição, etc. que podem ser observados não apenas em laboratório mas também fora dele, e que fazem parte da vida das pessoas, que em muitos casos desconhecem ou até mesmo compreendem de forma equivocada.

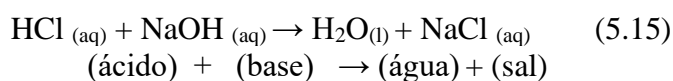
Uma reação de oxidação-redução, que pode ser percebida pelo enferrujamento de metais, é uma ação que deriva da perda de um ou mais elétrons pelas substâncias (átomos, íons ou moléculas); já a redução, que ocorre muito pilhas e baterias quando pensamos no cotidiano nas pessoas, é um processo que resulta em ganho de um ou mais elétrons pelas substâncias (átomos, íons ou moléculas).

Segundo Atkins e Jones (2012), elas são extremamente importantes, pois além da aplicabilidade ajudam no entendimento de inúmeras transformações estudadas pela Química, chamadas também de reações redox, isto é, reações de oxidação-redução. Cabe ressaltar que os elétrons são partículas reais e não necessariamente podem ser perdidas; diante disso, sempre

que acontece uma reação de oxidação, ocorre também a de redução. Para os autores, considerar a “oxidação e a redução separadamente é como bater palmas com uma só mão: uma transferência precisa ocorrer juntamente com a outra” (p. 79), para que dessa maneira a reação possa ocorrer.

As reações de ácido-base, segundo Brown, LeMay e Bursten (2005), englobam tanto com substâncias industriais quanto domésticas. Para os autores, alguns deles englobam importantes componentes biológicos, a exemplo do ácido clorídrico, que tanto é um produto químico industrial, como também o principal constituinte do suco gástrico do estômago. Os ácidos são substâncias que se ionizam em soluções aquosas para formar íons de hidrogênio e as bases são substâncias que reagem com íons de hidrogênio, produzindo íons de hidróxido quando dissolvidos em água (Id.).

Para Brown, LeMay e Bursten (2005), a manipulação de reação ácido e base, quando misturadas, ocorre a reação de neutralização, em que os produtos gerados não têm características de soluções ácidas nem de soluções básicas. Por exemplo, quando se mistura ácido clorídrico em uma solução de hidróxido de sódio, ocorre a seguinte reação, em casos específicos:



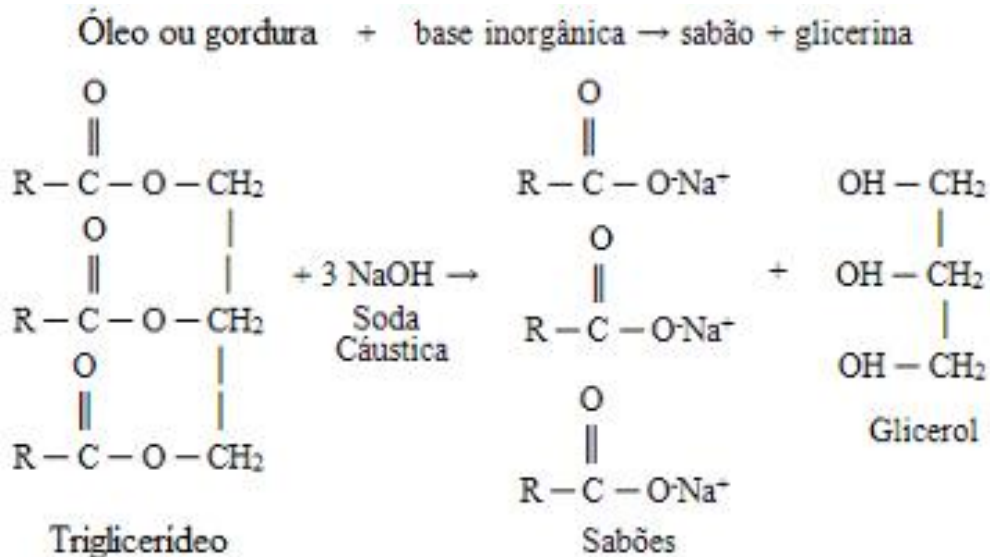
A água e o sal de cozinha, NaCl, são produtos da reação, e o termo sal significa qualquer composto iônico que tem o cátion advindo de uma base (neste caso Na^+ de NaOH) e que tem como ânion proveniente de um ácido (como visto no exemplo, Cl^- do HCl). Assim, esses tipos de reações químicas são de grande importância para o conhecimento de professores de química e dos estudantes, pois têm uma grande potencialidade de problematização e aplicação no cotidiano.

Em relação à reação de fermentação, ela pode ser entendida como um fenômeno natural em que determinadas matérias primas orgânicas complexas são transformadas em substâncias mais simples (DUARTE; SILVA, 2014). Ela ocorre a partir da ação de fungos, entre outros, e é observada desde antes do período aristotélico e foi bem aprofundada na alquimia e aperfeiçoada ao longo dos séculos. Os fungos são microrganismos distribuídos no meio ambiente, incluindo o ar, a água, e o solo e podem contaminar as frutas ou outros alimentos que provocam uma ampla variedade de espécies fúngicas e que sob condições favoráveis podem multiplicar-se nos alimentos e provocar a fermentação (SILVA, 2012).

Outro exemplo é a reação de saponificação, bastante explorada no contexto de ensino e

que de acordo com Peruzzo e Canto (2006), é estruturada a partir da junção de um ácido graxo que são os óleos com uma base forte, e a partir do processo de aquecimento, sofre hidrólise gerando glicerol e sal de ácido graxo. Nesse tipo de reação, conforme exibimos na Figura 17, o sal tem parte hidrofóbica, cadeia carbônica longa, e parte hidrofílica, grupo carbonila da cadeia, por isso são capazes de dissolver tanto em gordura quanto em água.

Figura 17: Reação de saponificação na fabricação de sabão



Fonte: Peruzzo e Canto (2006).

Assim como percebemos, que a reação de saponificação, usada principalmente na fabricação de sabão, material usado por toda a humanidade diariamente. Nesse sentido, percebemos que as reações químicas fazem parte da vida das pessoas, porém não é vista ou percebida em alguns momentos no dia a dia das pessoas de maneira aprofundada e reflexiva.

Geralmente em todas as residências consumimos diariamente diferentes tipos de frutas e legumes, e muitas vezes, quando não realizada uma conservação eficaz, o alimento acaba estragando, ocorrendo modificações em seu aspecto, cheiro, cor e sabor. Segundo Silva (2012), essas modificações são ocorrências diretas de reação de oxidação de alimentos, e esse tipo de reação química leva o alimento a se decompor por conta da ação de microrganismos que podem ser vistos apenas por microscópio.

Sendo assim, os microrganismos são seres microscópios que exercem um papel fundamental em toda vida, desde a captação de energia solar, até suas várias transformações na Terra; ou seja, toda a vida no planeta depende em última instância das atividades dos microrganismos (PENTEADO, 2000). Na reação química de decomposição ocorre a ação da microbiota, que contamina os produtos de frutas e é proveniente das condições da matéria prima, podendo ser influenciada tanto pelo processo de lavagem e condições higiênic-

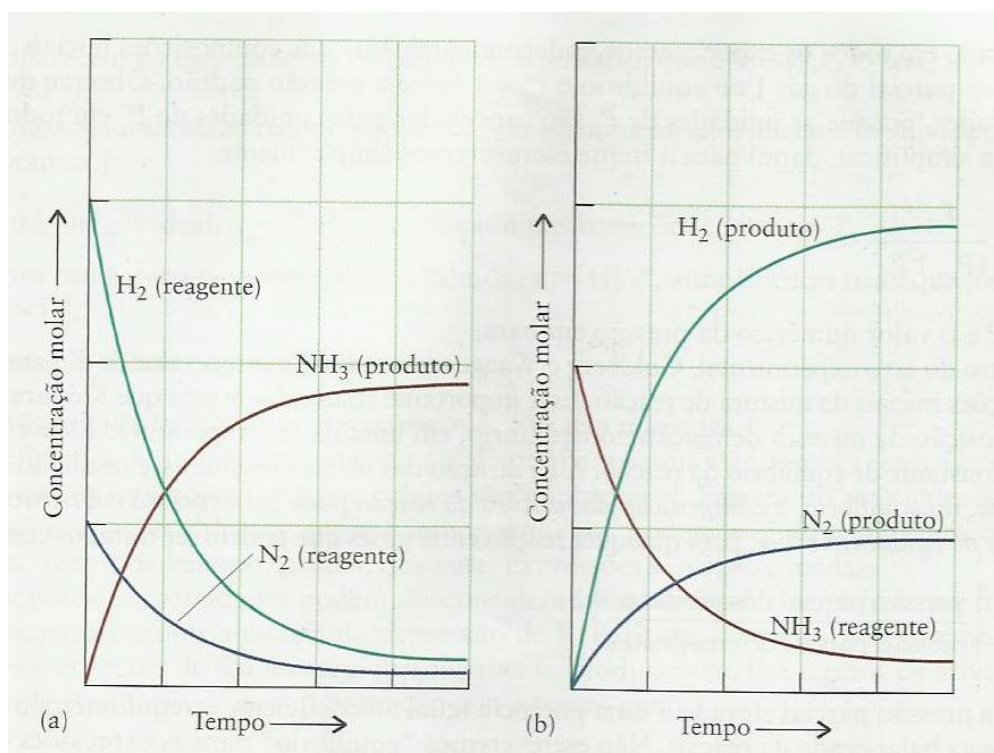
sanitárias dos manipuladores, quanto do pH, que também pode permitir a proliferação de microrganismos, principalmente os patogênicos, como bolores, leveduras, bactérias lácticas e outros microrganismos ácido-tolerantes como bactérias acéticas (SILVA, 2012).

Silva (2012), também elucida que, na reação de decomposição de alimento, quanto maior o número de microrganismos, mais rápido o alimento se estraga. E considerando tal processo, na ocorrência desse tipo de reação química é possível entender a cinética química das reações.

Assim, considerando os tipos de reações, de fato, algumas podem ser consideradas reversíveis e irreversíveis. Para Atkins e Jones (2012), uma reação é irreversível quando após a ocorrência a quantidade de reagentes é totalmente convertida em produtos, e não existe a capacidade de ocorrer o processo inverso, e.g, a combustão da gasolina ocorre de forma total e o produto gerado não consegue produzir reagentes.

Já em relação às reações reversíveis, estas necessariamente necessitam estabelecer um equilíbrio químico, em que a velocidade com que as moléculas dos reagentes podem gerar produtos, e os produtos, por sua vez, podem também produzir moléculas restaurando, deste modo, a quantidade de reagentes, e quando se atinge o equilíbrio, as concentrações de reagentes e produtos ficam inalteradas (Id.), conforme exemplificamos na Figura 18.

Figura 18: Reações da amônia



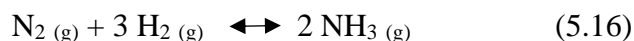
a) Síntese da Amônia

b) Reação com Amônia pura.

Fonte: Atkins e Jones (2012).

Conforme se pode observar na Figura 18, inicialmente ocorre uma produção rápida de amônia ($\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$) e que a posterior aparenta parar, de acordo com a imagem “a”, que diz respeito à síntese da amônia, mostra-se que, mesmo ao longo do tempo, não se pode observar o aumento em sua concentração a partir do momento na qual atingiu o equilíbrio (ATKINS; JONES, 2012).

Diante disso, as reações químicas tendem a um equilíbrio dinâmico em que não ocorrem modificações na composição, entretanto, as reações direta e inversa ainda podem ocorrer com uma velocidade semelhante à inicial, e tal fato pode ser observado na imagem “b”, quando a formação da amônia aparenta ter finalizado, e nesta fase acontece a reação inversa, ($2 \text{NH}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g})$), i.e., no equilíbrio, a amônia se decompõe assim que ela se forma, e para representar uma reação química de equilíbrio dinâmico, em vez de utilizar uma seta de equação, se insere uma seta nas direções de reagente e produto, indicando a existência de equilíbrio (Id.).



Destarte, para Atkins e Jones (2012, p. 385), “as reações químicas atingem um estado de equilíbrio dinâmico quando a velocidade das reações direta e inversa é a mesma e não há mudança de composição”. Nesse sentido, torna-se de extrema valia refletirmos acerca da velocidade das reações químicas.

Brown, LeMay e Bursten (2005), expressam que as reações químicas podem converter substâncias com propriedades bem definidas em outros materiais com propriedades diferentes, e que muitas, a exemplo da decomposição de alimentos, ocorrem de forma muito rápida e, por isso, é preciso pensarmos na velocidade ou grau de velocidade das reações químicas. Para os autores, pensar na cinética das reações é algo importante pois ajuda a entender a formação e as mudanças de muitas substâncias e materiais.

As velocidades de reações químicas permitem compreender a faixa de escala de tempo para um determinado tipo de reação, por exemplo, as explosões podem ser rápidas, quando ocorrem em frações de segundo, mas também podem ser lentas, como a corrosão de metais, cascos de navios e até mesmo a erosão de rochas.

De acordo com Brown, LeMay e Bursten (2005), as velocidades das reações químicas podem ser influenciadas por alguns fatores, quais sejam: o estado físico dos reagentes, pois quanto mais rapidamente as moléculas se chocam, mais rapidamente elas reagem – todavia, é preciso considerar o estado físico dos reagentes, que pode interferir pois podem ocorrer entre gases, líquidos e sólidos –, e. g., um medicamento consumido na forma líquida tende a ser

diluído no estômago e entrar na corrente sanguínea mais rapidamente do que em comprimido.

As concentrações dos reagentes também são fatores a serem considerados, tendo em vista que grande parte das reações químicas prosseguem mais rapidamente se a concentração de um ou mais dos reagentes for aumentada, i. e., de acordo com o aumento da concentração, ocorre uma maior frequência entre os choques das moléculas, resultando no possível aumento da velocidade (Id.).

Brown, LeMay e Bursten (2005), também expressam que a temperatura é outro fator, uma vez que a velocidade de uma dada reação química aumenta à medida que acontece um aumento da temperatura, e tal fato justifica a conservação de alimentos utilizando a refrigeração, pois as reações de bactérias ou fungos ocorrem de forma rápida à temperatura ambiente, contudo, essa ação é reduzida a partir da baixa temperatura existente em uma geladeira.

Ademais, a presença de um catalisador, pode aumentar a velocidade de uma reação, sem ser consumida por ela. Um catalisador tem a função de aumentar a velocidade de determinados mecanismos de reação, por exemplo, a fisiologia da maioria dos seres vivos depende da ação de enzimas, i. e., moléculas de proteínas que atuam como catalisadores, aumentando as velocidades de determinadas reações bioquímicas (Id.).

A nível molecular, a velocidade de uma reação está sujeita à continuidade das colisões entre as moléculas, por isso, quanto maior a frequência das colisões, maior a velocidade da reação, e para ocorrer tal fato é necessário compreender que as colisões entre as moléculas devem acontecer a partir de uma “energia suficiente para esticar as ligações até um comprimento crítico e com orientação apropriada para que novas ligações sejam formadas em locais apropriados” (BROWM; LEMAY; BURSTEN, 2005, p. 484).

As colisões das moléculas, segundo Cirino et. al (2009), é explicada pela teoria das colisões na qual busca-se esclarecer os aspectos probabilísticos (evento estático) conectados às reações químicas (processos dinâmicos). Para os autores, esses dois eventos interdependentes buscam entender a natureza da velocidade das reações em que aparecem as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, bem como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.

Kotz e Treichel Jr. (2007), expressam que algumas moléculas podem apresentar energias baixa, intermediária e alta em algumas reações, entretanto, quando a temperatura aumenta, a energia média de algumas moléculas tende a passar por um aumento considerável, da mesma maneira que a fração que apresenta energias mais elevadas. Nesse sentido, ocorre a

colisão entre duas moléculas com energia menor do que a energia cinética especificada para aquele tipo de reação, e elas simplesmente se separam, porém se elas apresentarem uma energia maior do que a energia cinética que necessária, as colisões podem ocorrer, formando diferentes ligações e gerando assim novas moléculas.

Brown, LeMay e Bursten (2005), corroboram dizendo que, em grande parte das reações químicas, as moléculas provavelmente se orientam de certa forma no processo de colisões para fazer com que a reação aconteça, e essas orientações podem determinar se os átomos estarão ou não apropriados para formar novas ligações. De acordo com Kotz e Treichel Jr. (2007, p. 23), considerando a teoria das colisões, existem três circunstâncias para que uma reação ocorra, quais sejam: as moléculas que reagem devem colidir umas com as outras; as moléculas que reagem devem colidir com energia suficiente; e, por fim, as moléculas devem colidir com uma orientação que possa levar ao rearranjo dos átomos. Assim, torna-se válido ressaltar que estas circunstâncias estão orientadas a partir da velocidade de reação, ponderando o contexto das condições da amostra a partir da concentração e da temperatura.

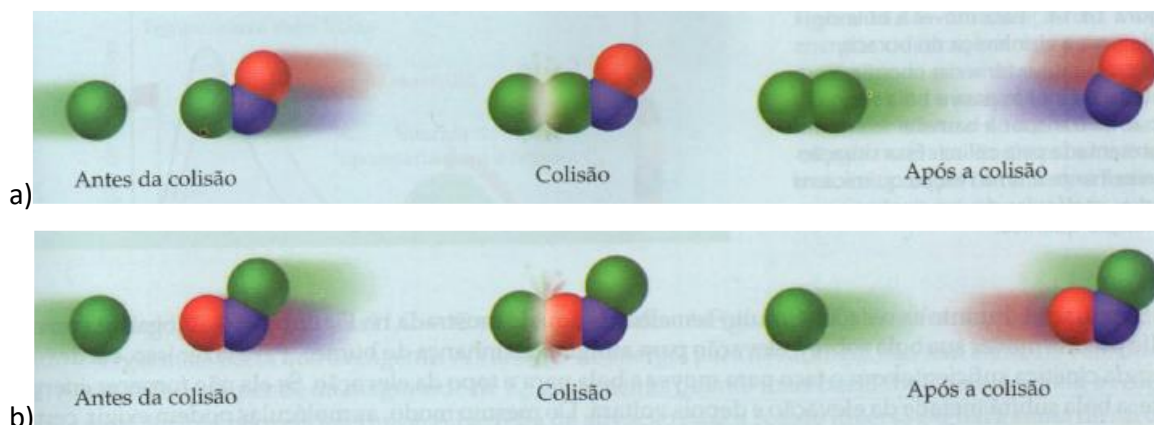
Nesse sentido, para que as moléculas reajam é necessário que elas colidam, e quanto maior o número de colisões por segundo, maior será a velocidade da reação, i.e., à proporção que a concentração das moléculas de reagentes aumenta, conseqüentemente o número de colisões aumenta, resultando também no aumento da velocidade de reação (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

Brown, LeMay e Bursten (2005) também esclarecem que na maioria das reações as moléculas se orientam durante as colisões. Por exemplo, se considerarmos a reação de átomos de Cl com NOCl:



A reação acontecerá se a colisão estabelecer que os átomos de Cl junto a Cl₂. Conforme ilustramos na Figura 19, a seguir.

Figura 19: Reações com diferentes tipos de colisões

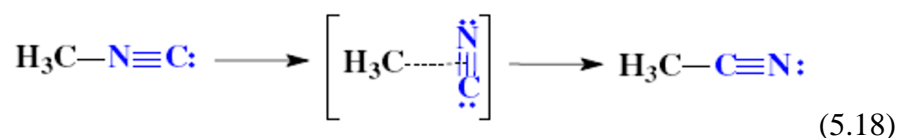


a) Colisão eficiente; b) Colisão ineficiente.
 Fonte: Brown, LeMay e Bursten (2005).

Assim, conforme verificamos na Figura 19, a), se as moléculas tiverem orientadas de forma apropriada, existe a grande probabilidade de uma colisão com energia suficiente para a reação ocorrer. Já na Figura b), percebemos que se não existir energia suficiente e a orientação estiverem erradas, a reação poderá não acontecer. Nesse sentido, a energia e a orientação das colisões permitirão que se formem produtos, como visto Figura 19, a), ou não teremos a formação de produtos, quando as colisões não ocorrem de forma efetiva, como observado na Figura 19, b).

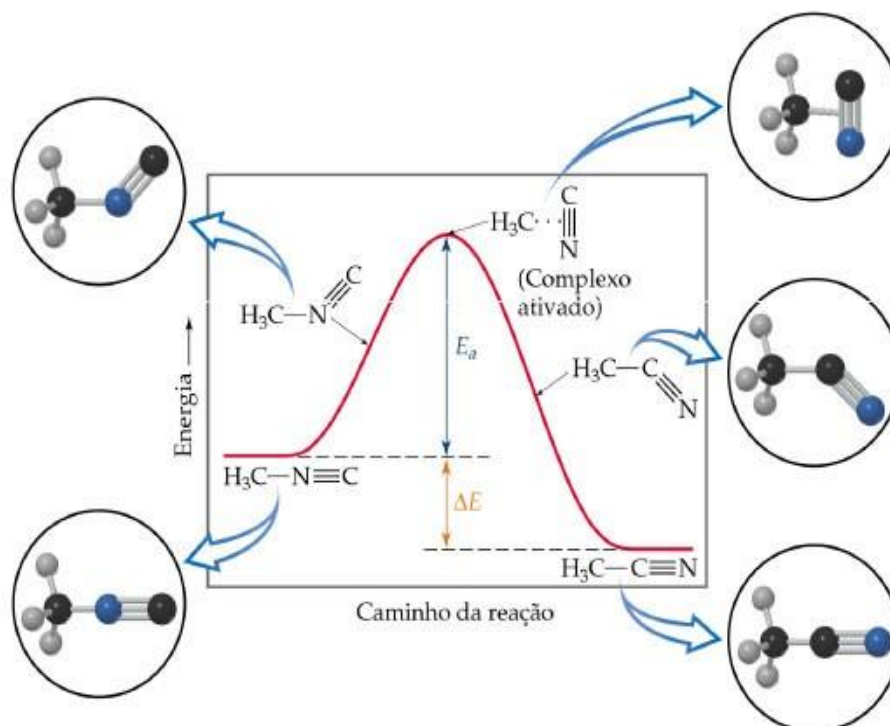
Ademais, é necessário salientarmos que para acontecer a colisão das moléculas, a energia cinética das moléculas precisa ser suficiente para dobrar/esticar/quebrar as ligações químicas que resultam na reação. Sendo assim, se as moléculas se moverem de forma muito lenta e com pouca energia cinética elas ‘baterão entre si’, sem permitir que a reação ocorra, i.e., para que realmente a reação possa ocorrer, as moléculas na fase de colisões deverão ter energia cinética igual ou maior que o valor mínimo, e esse valor mínimo é nomeado de energia de ativação, que é a energia mínima necessária para iniciar uma reação (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

A ideia da energia de ativação é muito importante na compreensão das reações químicas, pois é necessária energia suficiente, – a energia mínima para quebrar as ligações existentes durante uma reação química –, e. g., no rearranjo da isonitrila de metila, existe a passagem de um grupo intermediário no qual o grupo $N \equiv C$ da molécula estaria posicionado lateralmente (Id.), conforme podemos verificar na estrutura da reação ilustrada a seguir.



Conforme podemos observar na reação acima, podemos verificar que se trata de uma representação em que a reação química é ilustrada forma estática, entretanto, existe a ação de temperatura e velocidade, logo existe uma variação de energia da molécula, e nos ajuda a compreender que é algo dinâmico, conforme podemos verificar na Figura 20.

Figura 20: Rearranjo da isonitrila de metila a partir do perfil de energia



Fonte: Brown, LeMay e Bursten (2005).

De acordo com a Figura 20, na compreensão complexa de uma reação química é necessário entender que a ação energética é a responsável por esticar as ligações. Neste caso, podemos verificar na H_3C e o grupo $\text{N}\equiv\text{C}$ possibilitando o giro do $\text{N}\equiv\text{C}$. logo em seguida, após o grupo $\text{N}\equiv\text{C}$ ter girado suficientemente, a ligação de $\text{C}-\text{C}$ inicia sua formação, o que resulta em uma diminuição de energia da molécula. O pico do diagrama (E_a – energia de ativação) é a energia necessária para permitir a ocorrência da reação para atingir o produto final. Além disso, a conversão $\text{H}_3\text{C}-\text{N}\equiv\text{C}$ para $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ compreende como uma reação exotérmica. Diante disso, no momento em que o produto final é alcançado a energia dele é mais baixa do que a do reagente, por isso, para o produto ser formado a molécula teve que transpor a barreira de energia de ativação para gerar a acetonitrila.

Ainda nesse pensamento acerca da importância da velocidade e energia para possibilitar a interação entre os reagentes e acontecer as reações, mencionamos as reações químicas em

superfície, que de forma simplória nos permite entender o porquê o ferro enferruja, ou seja, as razões pelas quais são provocadas a oxidação do ferro, como também as reações em superfícies catalíticas que contribuem para as indústrias de produção de fertilizantes e a deterioração da camada de ozônio através de reações químicas nas superfícies dos cristais de gelo na estratosfera, entre outros.

Torna-se válido destacar, que essas ideias foram estruturadas por Gerhard Ertl, físico alemão, professor emérito do Departamento de Química e Física do Instituto Fritz-Haber da Max Planck de Berlim, ganhador do Nobel de Química de 2007, por conta de seus estudos sobre processos químicos em superfícies sólidas. Em seu estudo, Ertl observou que quando uma pequena molécula atinge uma superfície sólida a partir de uma fase gasosa, há uma série de possíveis resultados, pois a molécula pode se recuperar ou ser adsorvida (a adsorção é a capacidade das moléculas serem aderidas numa superfície sólida), e essa última apresenta possibilidades interessantes quando ajuda a entender que a interação dos átomos em superfície pode ser tão forte que a molécula pode se dissociar (STOCKHOLM, 2007). Além disso, a molécula pode reagir diretamente com grupos de superfície e alterar as propriedades químicas da superfície (Id.).

Para Stockholm (2007), o processo de Haber-Bosch que diz respeito ao processo em que o nitrogênio do ar é convertido em amônia a partir do uso de um catalisador à base de ferro, vem contribuindo muito com a agricultura mundial desde 1913, e diante disso, o estudo de Gerhard Ertl também buscou aprofundar o mecanismo molecular da síntese catalítica do gás amoníaco, na qual ele descobriu um fenômeno muito importante nas reações químicas observando as mudanças oscilantes durante a reação usando um microscópio de fotoelétron.

No estudo de Gerhard Ertl, foi percebido que no uso comum de um catalisador a partir de partículas de ferro com hidróxido de potássio em um suporte de alumina e sílica, as observações iriam além das características da cinética das reações, uma vez que no processo envolveria a adsorção das moléculas de hidrogênio e nitrogênio na superfície. A questão que ele observou foi se realmente ocorreria a dissociação do nitrogênio, já que sua tripla ligação é uma das mais fortes já conhecidas (STOCKHOLM, 2007). Por conta disso, Ertl, caracterizou a adsorção do nitrogênio e observou que ela ocorre com uma baixa energia de ativação, mas em um processo bastante lento, e a partir disso verificou que tal procedimento poderia ser aplicado de diferentes planos de cristal e constatou a clara aplicabilidade para entender eventos moleculares como do processo industrial de Haber-Bosch, e além disso, a caracterização das energias de adsorção em que apenas o nitrogênio permanece adsorvido na superfície na reação após um ciclo catalítico a altas pressões.

Assim, a partir dessas observações, Ertl verificou que a corrosão causada por produtos químicos, que também é muito percebida como a ferrugem, provoca mudanças na superfície de contato, e o dano da corrosão pode ser reduzido a partir do ajuste da composição da superfície que é protegido por uma camada de óxido formado no ar (STOCKHOLM, 2007). Apesar de demonstrar ser algo simples, esse estudo é algo muito complexo e significativo para a compreensão do conceito de reações químicas e de sua importância nos estudos de processos químicos, tendo em vista que estudos de reações químicas em superfície possibilitam uma gama de aplicações desse conhecimento à solução de variados problemas práticos (Id.), e.g., a oxidação de navios cargueiros que são responsáveis pelo carregamento de alimentos e insumos para o mundo todo.

Nesse sentido, considerando o processo de oxidação, compreender de forma mais detalhada o efeito do meio ambiente na interface gás-sólido, i.e., como os reagentes estão realizando as trocas de energia com moléculas vizinhas, é uma forma que fazer com que esse processo não ocorra de forma desordenada (STOCKHOLM, 2007). Nesse processo, busca-se compreender na superfície de um sólido o processo de adsorção de uma molécula, e analisar como ocorre o processo de trocas de energia, para assim realizar aproximações buscando a maneira mais ideal dos casos, neste sentido, as consequências de interação que permitirá apontar algumas precisões experimentais e estabelecer descrições teóricas mais detalhadas (Id).

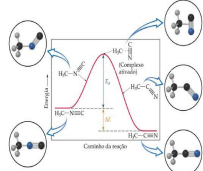
Portanto, o estudo de reações químicas nas superfícies ajuda na compreensão mais profunda das reações, permitindo enxergar questões que vão além das características macroscópicas que são muito discutidas na formação deste conceito químico. Dessa maneira, verificamos que a partir das contribuições de Gerhard Ertl, um dos estudos mais contemporâneos alinhado ao conceito de reações químicas está interligado à Ciência de Superfície Molecular.

Assim sendo, a partir da discussão exposta nessa seção, verificamos que os livros didáticos e demais obras citadas, apresentam diferentes compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos os quais compreendemos como imprescindíveis para o conceito de reações químicas. Dessa forma, verificamos evidências que tratam da reação química como processo natural; reação química a partir de seu valor pragmático; reação química a partir de relações/descrições (pesos e medidas); reação química a partir de relações matemáticas/gráficos; reação química como equações/representações e classificações; reação química como mudanças físicas e químicas; reação química como processos de transformação de substâncias; reação química como rearranjo; e reação química como processo que envolver quantidade calor ou energia.

A seguir, no Quadro 4, apresentamos uma síntese das concepções e categorias que foram identificadas a partir da abordagem didática discutida nessa seção. Ressaltamos que para organização das categorias, seguimos as orientações dispostas por Pimentel (2019), conforme discutido no Percorso Metodológico, para subsidiar a construção da Matriz Semântica.

Quadro 4: Síntese de concepções e categorias que foram identificadas.

Categorias	Exemplos de concepções
Reação química como processo natural	A reação de fermentação, ela pode ser entendida como um fenômeno natural em que determinadas matérias primas orgânicas complexas são transformadas em substâncias mais simples. Ela ocorre a partir da ação de fungos, entre outros, e é observada desde antes do período aristotélico e foi bem aprofundada na alquimia e aperfeiçoada ao longo dos séculos. Os fungos são microrganismos distribuídos no meio ambiente, incluindo o ar, a água, e o solo e podem contaminar as frutas ou outros alimentos que provocam uma ampla variedade de espécies fúngicas e que sob condições favoráveis podem multiplicar-se nos alimentos e provocar a fermentação.
	Reação de oxidação de alimentos, e esse tipo de reação química que ocorre naturalmente e leva o alimento a se decompor por conta da ação de microrganismos que podem ser vistos apenas por microscópio.
	Reação química de decomposição ocorre a ação da microbiota, que contamina os produtos de frutas e é proveniente das condições da matéria prima, podendo ser influenciada tanto pelo processo de lavagem e condições higiênico-sanitárias dos manipuladores.
Reação química a partir de seu valor pragmático	Reações químicas em superfícies catalíticas que contribuem para as indústrias de produção de fertilizantes e a deterioração da camada de ozônio através de reações químicas nas superfícies dos cristais de gelo na estratosfera.
	Em escala industrial, a obtenção de substâncias ganha importância em relação ao custo/benefício, isto é, a quantidade e o custo dos reagentes em comparação à quantidade e ao custo das substâncias obtidas (produtos).
	Não se deve utilizar reagentes em excesso, o que implica em prejuízo. Permitem dimensionar os equipamentos empregados e avaliar a rentabilidade do processo.
	Reação é irreversível quando após a ocorrência a quantidade de reagentes é totalmente convertida em produtos, e não existe a capacidade de ocorrer o processo inverso, e.g, a combustão da gasolina ocorre de forma total e o produto gerado não consegue produzir reagentes.
	Reações reversíveis, estas necessariamente necessitam estabelecer um equilíbrio químico, em que a velocidade com que as moléculas dos reagentes podem gerar produtos, e os produtos, por sua vez, podem também produzir moléculas restaurando, deste modo, a quantidade de reagentes, e quando se atinge o equilíbrio, as concentrações de reagentes e produtos ficam inalteradas
	Reações químicas podem converter substâncias com propriedades bem definidas em outros materiais com propriedades diferentes, e que muitas, a exemplo da decomposição de alimentos.

Reações químicas a partir de relações/descrições estequiométricas (pesos e medidas)	Se utilizarmos 10g de reagentes e se a reação converter completamente os reagentes em produtos, logo teremos que ter 10g de produtos, isto é, se os reagentes tiverem mil átomos de determinado elemento, esses mil átomos deverão aparecer de alguma maneira nos produtos.
	O estudo das reações das etapas do processo de obtenção de materiais envolve cálculos de quantidades de substâncias participantes.
	Processo o conhecimento da reação química envolvida, o seu balanceamento, o uso do conceito de mol e o relacionamento entre as quantidades de substâncias
	O balanceamento simboliza as mudanças qualitativa e quantitativa que ocorrem em uma reação química, e os coeficientes estequiométricos nos mostram os números relativos de mols dos reagentes e produtos que tomam parte na reação.
	Relação de mols e massa nos permite observar que a massa é sempre conservada nas reações químicas, e isso significa que a massa total anterior a uma reação é igual à massa após a reação.
	Rendimento percentual é o resultado da razão entre a quantidade de material que pode ser obtida em laboratório pela quantidade máxima de produto que pode ser obtida de uma reação química
Reação química a partir de relações matemáticas/gráficos	As velocidades de reações químicas permitem compreender a faixa de escala de tempo para um determinado tipo de reação, por exemplo, as explosões podem ser rápidas, quando ocorrem em frações de segundo, mas também podem ser lentas, como a corrosão de metais, cascos de navios e até mesmo a erosão de pedras.
	As colisões das moléculas, é explicada pela teoria das colisões na qual busca-se esclarecer os aspectos probabilísticos (evento estático) atrelados às reações químicas (processos dinâmicos).
	Entender a natureza da velocidade das reações na qual aparecem as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, bem como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.
Reações químicas como equações e representações	<p>Sódio + água → Hidróxido de sódio + hidrogênio (descrição por palavras)</p> <p>(1)</p> $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{naoh} + \text{H}_2 \quad (\text{Equação esqueleto}) \quad (2)$ $2 \text{Na}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{naoh}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)} \quad (\text{Equação química balanceada}) \quad (3)$ <p>Reação de combustão</p> $\text{C}_3\text{H}_8_{(g)} + \text{O}_2_{(g)} \rightarrow \text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \quad (\text{equação não balanceada})$ <p>Reação de neutralização</p> $\text{Hcl}_{(aq)} + \text{naoh}_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{nacl}_{(aq)}$ <p style="text-align: center;">(ácido) + (base) → (água) + (sal)</p>
	<p>Rearranjo da isonitrila de metila a partir do perfil de energia.</p> 

Reação química a partir de uma classificação	Reação de combustão, de oxidação-redução/reações redox, de fermentação, de saponificação, de ácido e base, de decomposição, de neutralização
	Reação de oxidação, que pode ser percebida pelo enferrujamento de metais, é uma ação que deriva da perda de um ou mais elétrons pelas substâncias (átomos, íons ou moléculas)
	Redução de uma reação química, ocorre muito pilhas e baterias quando pensamos no cotidiano nas pessoas, é um processo que resulta em ganho de um ou mais elétrons pelas substâncias (átomos, íons ou moléculas).
	Reação de saponificação é estruturada a partir da junção de um ácido graxo que são os óleos com uma base forte, e a partir do processo de aquecimento sofre hidrólise gerando glicerol e sal de ácido graxo.
	A manipulação de reação ácido e base, quando misturadas, ocorre a reação de neutralização, em que os produtos gerados não têm características de soluções ácidas nem de soluções básicas
Reações químicas a partir de mudanças físicas e químicas	As velocidades das reações químicas podem ser influenciadas por alguns fatores, quais sejam: o estado físico dos reagentes, pois quanto mais rapidamente as moléculas se chocam, mais rapidamente elas reagem.
	O estado físico dos reagentes, que podem interferir na velocidade da reação química, pois podem ocorrer entre gases, líquidos e sólidos, por exemplo, um medicamento consumido na forma líquida tende a ser diluído no estômago e entrar na corrente sanguínea mais rapidamente do que em comprimido.
	A velocidade de uma dada reação química aumenta à medida que acontece um aumento da temperatura, e tal fato justifica a conservação de alimentos utilizando a refrigeração, pois as reações de bactérias ou fungos ocorrem de forma rápida à temperatura ambiente, contudo, essa ação é reduzida a partir da baixa temperatura existente em uma geladeira.
	Um catalisador tem a função de aumentar a velocidade de determinados mecanismos de reação, por exemplo, a fisiologia da maioria dos seres vivos depende da ação de enzimas, i. e., moléculas de proteínas que atuam como catalisadores, aumentando as velocidades de determinadas reações bioquímicas.
	Em uma reação química a molécula pode reagir diretamente com grupos de superfície e alterar as propriedades químicas da superfície.
	A corrosão causada por produtos químicos, que também é muito percebida como a ferrugem, provoca mudanças na superfície de contato, e o dano da corrosão pode ser reduzido a partir do ajuste da composição da superfície que é protegido por uma camada de óxido formado no ar.
Reações químicas processo de transformação de substâncias	As reações químicas como sendo processos em que a matéria se transforma em outras substâncias.
	Substâncias iônicas ou moleculares, formadas por átomos que se convertem por meio de uma reação espontânea ou induzida em outras substâncias ou compostos.
	Obtenção de uma substância química é importante ter conhecimento sobre o grau de pureza da matéria-prima, do rendimento do processo e da relação entre massas e volumes das substâncias.
	Síntese da amônia e a reação com amônia pura.
	As velocidades de reações químicas permitem compreender a faixa de escala de tempo para um determinado tipo de reação, por exemplo, as

	<p>explosões podem ser rápidas, quando ocorrem em frações de segundo, mas também podem ser lentas, como a corrosão de metais, cascos de navios e até mesmo a erosão de pedras.</p> <p>As colisões das moléculas, é explicada pela teoria das colisões na qual busca-se esclarecer os aspectos probabilísticos (evento estático) atrelados às reações químicas (processos dinâmicos).</p> <p>Entender a natureza da velocidade das reações na qual aparecem as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, bem como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.</p>
Reação química como rearranjo	Átomos se rearranjam em moléculas, íons ou compostos iônicos diferentes no decorrer de determinadas reações.
Reação química como processo que envolve quantidade de calor ou energia	Processo exotérmico quando envolve a liberação de energia de um sistema para o ambiente que tem como exemplo uma reação química de combustão
	Processo endotérmico a energia absorvida para a ruptura de ligações é maior do que a liberada na formação de outras ligações, por exemplo, ao cozinhar algum alimento fornecemos energia para que este cozinhe, i. E., utilizamos um processo endotérmico a partir da absorção de calor para o sistema.
	A colisão entre duas moléculas com energia menor do que a energia cinética especificada para aquele tipo de reação química, e elas simplesmente se separam, porém se elas apresentarem uma energia maior do que a energia cinética que necessária, as colisões podem ocorrer, formando diferentes ligações e gerando assim novas moléculas.
	Energia de ativação é muito importante na compreensão das reações químicas, pois é necessária energia suficiente, – a energia mínima para quebrar as ligações existentes durante uma reação química.
	Ea – energia de ativação, é a energia necessária para permitir a ocorrência de uma reação química para atingir o produto final.
	O processo de oxidação, a partir da química de superfície na qual observa interface gás-sólido, os reagentes da reação estão realizando as trocas de energia com moléculas vizinhas, é uma forma que fazer com que esse processo não ocorra de forma desordenada.

Fonte: Dados da pesquisa.

A seguir, apresentamos o levantamento das concepções informais sobre o conceito de reações químicas.

5.4 Concepções informais acerca do conceito de reações químicas

No contexto da sala de aula, muitas concepções emergem no discurso dos diferentes sujeitos que povoam esse ambiente, e em variados casos os protagonistas do processo de ensinar e aprender utilizam-se de expressões que não se respaldam especificamente a partir da ótica da Ciência, mas estão entrelaçadas a partir de valores culturais a partir das vivências e relações sociais desses diferentes indivíduos. Assim, de acordo com Gilbert (1983) e Driver (1989), as concepções informais são formas que as pessoas utilizam para significar o modo que interpretam algo, mas sem se deter às visões que são socialmente acordadas por uma comunidade científica.

Para Garnett, Garnett, Hackling (1995), em muitos casos os estudantes apregoam concepções diferentes das científicas, e estas, muitas vezes, influenciam a forma com a qual aprendem diferentes conceitos científicos. Por isso, Pozo e Crespo (2009) e Silva e Amaral (2016), expressam que as concepções informais não se restringem a simples informações advindas do dia a dia dos estudantes e professores, pois elas apresentam valores sociais e culturais que trazem representações das mais variadas experiências construídas pelos distintos indivíduos em seus mais variados contextos.

Nesse sentido, Pozo e Crespo (2009), defendem que as concepções informais são formas na quais os sujeitos sociais explicam fenômenos, transformações e discutem diferentes modelos conceituais, porém que se diferem das defendidas cientificamente. Por essa razão, são consideradas alternativas em relação à visão científica pelo fato de estarem baseadas em aspectos do dia a dia e não a partir da ótica da Ciência (SILVA; AMARAL, 2016).

De acordo com Simões Neto (2016), as concepções informais são modos de pensar que podem ser estruturados em diferentes pesquisas que reconhecem a pluralidade e o entendimento das mais variadas concepções em que se apresentam ideias coerentes, e são resistentes a mudanças quando colocadas em discussão as concepções científicas. Também são significativas no processo de ensino e aprendizagem e apresentam um grau de generalização, quando em diferentes estudos algumas características apontam padrões de resultados semelhantes.

Segundo um estudo linguístico realizado por Azeredo (2005) analisando livros didáticos de Química Geral do Ensino Superior, a autora afirma que nesses manuais existe uma variação terminológica para os conceitos de transformações químicas e reações químicas, i.e., o conceito com mais de uma denominação. Para ela, no contexto da Química, ambas expressões em livros didáticos são tratadas como sinônimos, entretanto, quando se pensa nos termos transformação

e reação, estes não são sinônimos, apenas apresentam entendimentos semelhantes quando adjetivados com a palavra Química. No entanto, a forma deles serem empregados indistintamente pode estar conectado a algo específico da linguagem química.

Nesse sentido, em muitos trabalhos que discutiremos nesta subseção iremos nos ancorar nas expressões transformações químicas e reações químicas, tendo consciência das variações históricas, mas também considerando a forma que são utilizadas em manuais acadêmicos de Química, considerando os estudos de Azeredo (2005, 2007). Vale ainda destacar que, apesar de serem sinônimos nos manuais supracitados, Azeredo (2007, aponta que existe uma preferência maior pelo termo reações químicas nos contextos empregados nos livros, e que ele é muito utilizado para indicar alguma ação ligada a: ocorrer, realizar, liberar, efetuar, agir, fazer e atingir. Já que termo transformações químicas em suas alocações apresenta-se em alguns casos como forma de complementação para a compreensão de alguns contextos.

Sendo assim, o termo reações (transformações) químicas apresenta muitos usos (ANDERSSON, 1986, 1990, MORTIMER, MIRANDA, 1995; ROSA, SCHNETZLER, 1998; AHTEE; VARJOLA, 1998, SOLSONA, IZQUIERDO, JONG, 2001; SILVA, 2008, BERNARDELLI, 2014, YAN; TALANQUER, 2015, WEINRICH; TALANQUER, 2016) e distintos significados para diferentes sujeitos em contextos diversos, sendo usado de diferentes modos também na linguagem científica, sobretudo na linguagem cotidiana. Podendo assim ser compreendido como um conceito polissêmico.

O conceito de reações químicas no processo de ensino e aprendizagem é muito importante, pois ajuda os estudantes a entenderem que a matéria é formada por substâncias ou misturas de substâncias que podem gerar múltiplos produtos ou provocar transformações e, além disso, é necessário que os educandos consigam perceber esse conceito atrelado a contextos diversos que vão além da aprendizagem científico-escolar, e entendendo assim que o conceito em discussão faz parte de suas vidas.

Segundo Lopes (1995), o conceito de reações químicas, em muitos casos, se restringe a apenas uma forma de distinção de fenômenos em reversíveis (físicos) e irreversíveis (químicos), e aponta que o fenômeno químico ocorre assim pois acontecem profundas transformações, como por exemplo, a queima de papel. A autora menciona que também pode ser entendido como uma forma de distinguir a variação de propriedades macroscópicas das substâncias, porém, segundo ela, a ideia de reações químicas não deve apenas ser entendida como fenômeno químico que ocorre naturalmente para produzir novas substâncias, e aponta a necessidade de associarmos as transformações das substâncias às transformações energéticas de forma

dinâmica, para que o ensino de reações químicas não se limite às suas representações e equações químicas.

Mortimer e Miranda (1995), também expressam que por conta de algumas formas equivocadas na maneira de ensinar o conceito de reações químicas, em muitos casos o conceito é relegado a segundo plano, sobretudo em sala de aula, gerando sérios problemas no processo de significação do conceito. De acordo os autores, os estudantes não conseguem reconhecer as entidades que se transformam e as constantes, e tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem com as substâncias, e isso acaba não permitindo sequer fazer referências às mudanças em nível atômico-molecular.

Kermen e Méheut (2008), também ratificam isso quando mencionam que para muitos estudantes as reações químicas são apenas mudanças químicas que podem ser observadas a partir do desaparecimento de uma substância em detrimento da formação de outras, e isso pode estar relacionado ao estudante não compreender outros conceitos, como o de substância, e as diferenças entre transformação física e química, bem como as características de uma reação química.

Tais fatos são legitimados por Yan e Talanquer (2015) quando dizem que os estudantes têm dificuldades para compreender por que e como as reações acontecem, pois não conseguem diferenciar fatores termodinâmicos e cinéticos que influenciam nos processos químicos, como também acreditam que os processos químicos acontecem de forma aleatória. E para ajudar nessas dificuldades, para Ahtee e Varjola (1998), os educandos devem aprender a diferenciar os conceitos de elemento, composto, mistura, átomo e moléculas, para compreender que os átomos são rearranjados para formar novas substâncias com diferentes propriedades químicas, que pode ser representada por um processo definido como uma reação química.

Todavia, apesar dos esforços para sanar os problemas acerca do ensino do conceito de reações químicas, segundo Raviolo, Garritz e Sosa (2011), não ocorre o verdadeiro reconhecimento para o conceito de reações químicas, pois este é colocado de lado como algo simples e sem importância nas aulas de Química. Para os autores, assim como outros conceitos que são destacados na Química, o de reações químicas deve ser reconhecido como central, uma vez que este conceito está relacionado a diferentes conhecimentos da Química, mas não se reduz apenas ao âmbito relacionado ao científico, já que permite entender inúmeros processos e transformações que ocorrem no cotidiano das pessoas.

Por isso, Mortimer e Miranda (1995) apontam que alguns estudantes, em muitos casos, não reconhecem a similaridade entre fenômenos que têm aspectos perceptivos bem diferenciados, como por exemplo, a combustão de uma vela, o enferrujamento de um prego

e/ou a dissolução de comprimido antiácido. E estas dificuldades perpassam o contexto científico escolar, tendo em vista transformações que podem ser verificadas fora do contexto escolar, e os estudantes não reconhecem o papel de reagentes e a formação de produtos.

Nessa direção, se os estudantes não conseguem fazer alusões a definições de reagentes e produtos – algo intrínseco a uma equação química –, temos que considerar que os modos de pensar o conceito de reações químicas e seus contextos de uso não estão sendo trabalhados em sala de aula de maneira contextualizada, algo que compreendemos ser de suma importância para a vida dos estudantes.

Bernardelli (2014), expressa que o conceito de transformações químicas, por não ser entendido em seus variados contextos, na concepção dos estudantes resulta em noções equivocadas, nas quais relacionam uma reação química a uma mudança de estado, não conseguindo fazer nenhuma distinção entre um fenômeno físico e um fenômeno químico. Ademais, associam que uma reação química ocorre por um processo natural por conta do que pode ser observado, e ainda os estudantes exemplificam que é natural porque tudo vem da natureza e não é mecânico, e citam a luz do sol como uma transformação química natural.

Mortimer e Miranda (1995), também discorreram que muitos estudantes não conseguem perceber, na combustão de uma vela, que a parafina é o combustível que está sendo queimado, já que eles associam o processo de queima ao pavio, enquanto a parafina apenas derrete. Do mesmo modo, citam que alguns estudantes tratam a ferrugem como um tipo de mudança de estado da substância ferro, em que o ferro virará pó, desconsiderando, assim, a alteração de massa que ocorre no sistema, afirmando que o prego enferrujado tem o mesmo peso que um prego sem ferrugem, justificando que ferro e ferrugem são as mesmas coisas, mas em formas distintas.

Nessa lógica, Bernardelli (2014), aponta que essa dificuldade dos estudantes de refletirem e explicarem o conceito em discussão está imbricado na forma que este é ensinado, já que em muitos casos o conceito é centrado em ideias superficiais. A exemplo disso, a autora menciona que alguns estudantes, para explicar a diferença entre as transformações física e química, exemplificam que uma reação química é tudo que sofre uma transformação, e que basta adicionar suco na água para saber a diferença.

Por isso, por conta dessas problemáticas, Ahtee e Varjola (1998) apontam que é preciso a cada dia fazer com que os alunos tenham experiências reais de diferentes fenômenos e transformações no processo de instrução escolar, pois eles poderão perceber as variações de significados e encontrar sentidos para a aprendizagem de conceitos químicos. Nesse pensamento, torna-se importante considerar que o ensino de reações químicas não deve se

limitar à ocorrência de mudanças, mas sim visa o aprender a entender, problematizar e inferir relações acerca da natureza microscópica e submicroscópicas das reações químicas, entre outras características termodinâmicas.

Silva (2008), relata que muitos estudantes empregam concepções intuitivas para explicar as reações químicas e assim, muitas vezes a fala fica ancorada nas experiências; por exemplo, quando alguns estudantes tentam explicar o que ocorre quando um pedaço de palha de aço queima, eles explicam que a massa diminui, pois, seu formato se desmancha e sofre deformação. Por isso, Vos e Verdonk (1987) apontam a importância de se compreender a natureza das reações químicas, principalmente porque essas ajudam a entender outros conceitos, inclusive os processos nos quais as substâncias são convertidas em outras substâncias. Nesse sentido, ajudaria aos estudantes a compreenderem, por exemplo, o que ocorre quando se queima a palha de aço, e por essa razão os autores expressam que ensinar o conceito de reação química, portanto, implica em ensiná-lo a partir da compreensão de suas propriedades e características.

É preciso estabelecer que os estudantes instituem relações entre os contextos do conhecimento químico com as distintas formas de empregar o conceito de reações químicas, a fim de sanar algumas dessas deficiências, compreendidas no processo de construção de significados em sala de aula. Nesse ponto de vista, serve para o conceito de reações químicas pois os estudantes, mesmo passando pelo processo de aquisição de conhecimentos, não estão conseguindo encontrar sentidos e até mesmo problematizar as reações químicas que são corriqueiras em seu cotidiano.

E corroborando com esse pensamento, Yan e Talanquer (2015) expressam que o domínio das ideias em relação às reações químicas não deve apenas se ater à compreensão conceitual, mas também buscar fazer com que os estudantes estabeleçam a capacidade de aplicá-lo adequadamente em diversos contextos.

Nesta perspectiva, Rosa e Schnetzler (1998), defendem a importância de se compreender o conceito de reações químicas, uma vez que ajuda a entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos, entre outros exemplos. Para as autoras, muitos estudantes concebem a ferrugem como uma espécie química que aparece na umidade e fica no ar, e tem a capacidade de atacar algum metal quando este é umedecido, nesse sentido, a ferrugem é entendida por eles como uma espécie de fungo que ataca os metais.

Desse modo, não é apenas fazer com que os estudantes percebam que as mudanças que podem ser observadas nas transformações químicas são consequência de rearranjos dos átomos

para não usarem inadequadamente a ideia de conservação de massa, muitas vezes usado como forma de facilitar entendimento de fenômenos, mudanças de estado e dissoluções (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Além de não usarem de forma adequada alguns conceitos, Vos e Verdonk (1987) colocam que o professor, ao ensinar sobre reação química, não deve restringir a compreensão desse conceito a átomos e moléculas, pois isso pode gerar dificuldades do estudante em assimilar e fazer relações entre como o processo químico ocorre com aquilo que é observado pelo próprio discente. Ou seja, é para evitar com que o educando entenda a ferrugem como fungo, como dito por Rosa e Schnetzler (1995), e entenda, de fato, o que é um processo oxidativo e suas aplicações a diferentes contextos.

Nessa perspectiva, a ideia é buscar ensinar as reações químicas entendendo que este é um conceito com diferentes sentidos e significados que podem ser observados em contextos múltiplos, considerando a pluralidade e a heterogeneidade do pensamento dos estudantes, uma vez que os conhecimentos deles se constroem a partir das relações sociais e culturais. A exemplo disso, podemos mencionar o estudo realizado na Alemanha por Pfundt (1982), no qual apresenta algumas concepções de estudantes de 8 e 13 anos para explicarem as transformações químicas a partir da queima de álcool quando se aquece um vitríolo de cobre (sulfato de cobre) e sua recuperação e a extração de chumbo a partir do óxido de chumbo (IV).

Pfundt (1982), constatou a existência de variadas concepções gerais acerca das transformações das substâncias e apontou que os estudantes entendem que uma transformação química pode ser uma destruição irreversível de substâncias; uma modificação irreversível das propriedades das substâncias; uma mudança reversível das propriedades de substâncias duradouras; bem como que mesmo no processo de transformação química as propriedades das substâncias continuam a existir, mesmo quando elas são misturas distribuídas em diferentes processos ou separadas.

Vos e Verdonk (1986), também realizaram um estudo buscando investigar concepções de estudantes da educação básica, apontando que estes apresentam algumas dificuldades em discutir ideias sobre o conceito de reações químicas. Diante disso, eles analisaram a forma com que os discentes explicavam o efeito térmico de algumas reações. Para os autores, os educandos reconheceram as reações químicas como exotérmicas e endotérmicas e que estão envolvidas tanto no trabalho químico do laboratório quanto na vida cotidiana. Além disso, afirmaram que estes processos acontecem para que as substâncias se transformem em outras substâncias.

Entretanto, Vos e Verdonk (1986) apontaram que em alguns momentos os estudantes apresentaram dificuldade em expressar a reação da queima de uma vela, afirmando que seria um processo endotérmico, pois para ela ocorrer era necessário calor. Assim, segundo os autores,

ao pensarem uma reação química não basta classificar, e por isso alguns educandos não sabem comparar e nem explicar sobre a quantidade de calor para iluminar a vela, como também não conseguem interpretar o processo químico da queima. Outro exemplo, segundo os autores, é que os discentes classificaram a reação do cobre com oxigênio também como sendo endotérmico, pois para eles o processo da reação química só inicia a partir do aquecimento, no entanto, trata-se de uma reação exotérmica.

Considerando tais dificuldades, Vos e Verdonk (1986), expressam que existe alguns problemas acerca do ensino do conceito de reações químicas, pois muitos estudantes não conseguem compreender o papel do calor na reação, e que a energia de ativação parece não desempenhar nenhum papel, mesmo observando aumento espontâneo ou a queda de temperatura. Diante disso, destacam que os discentes aprendam a entender melhor o efeito do calor e sua importância para explicar fenômenos das reações.

De acordo com Vos e Verdonk (1986), alguns estudantes quando tentam definir o conceito apenas fazem uma comparação entre reagentes e produtos ou simplesmente dizem que a reação seria um processo que ocorre por causa da natureza. Ademais, alguns grupos de discentes afirmam que o aumento da temperatura é o resultado ou produto da reação, assim como, outros consideram como parte da própria reação. Assim, para os autores, os estudantes fazem uma relação entre temperatura e a ocorrência da reação, e isso faz com que eles entendam a mudança de temperatura como forma de interpretar e explicar uma reação química.

Stavridou e Solomonidou (1989), em um estudo realizado com estudantes gregos de idade de 8 a 17 anos, analisando as representações e concepções acerca do conceito de reações químicas, constataram diferentes formas com as quais estudantes expressam o conceito de reações químicas. De acordo com as autoras, os alunos expressaram as reações químicas das seguintes maneiras: reação como uma mudança que acontece de forma natural e simples; como uma mudança de cores e de substâncias. Sendo que as substâncias quando mudassem poderiam sofrer uma modificação morfológica, e.g., as mudanças são identificadas e percebidas em termos de aspectos exteriores de uma substância no estado inicial e final.

Outro exemplo, de acordo com Stavridou e Solomonidou (1989), foi a reação química como destruição/desaparecimento de substâncias que poderia ser total ou parcial, e.g., a mudança de cores em uma reação. Além disso, as muitas mudanças nas substâncias poderiam ser identificadas como fenômenos químicos, e.g., um elemento (no sentido de substância) entraria em contato com outro elemento, portanto, fornecendo um outro produto e com características a partir do fenômeno químico como uma mudança irreversível da matéria, em contraste com um fenômeno físico que seria uma mudança reversível na matéria. Neste caso, o

fenômeno químico seria uma substância e outra substância dão um novo produto (reação química). Assim, na visão de alguns estudantes o fenômeno físico ocorreria através de uma mudança material e no fenômeno químico uma mudança material na presença de outro material, i.e., fenômenos físicos acontecem sem qualquer intervenção de outras substâncias e que durante um fenômeno físico, o próprio material pode mudar com um pouco de aquecimento ou resfriamento, enquanto durante um fenômeno químico, outras substâncias intervêm (Id.).

Stavridou e Solomonidou (1989) também observaram que para os estudantes as transformações químicas podem ocorrer por conta da ação humana, i. e., seres humanos possuem uma maneira técnica de provocar mudanças que eles desejam e quando eles os querem como, por exemplo, cozer um ovo ou queimar um papel, e tais fatos é que distinguem o homem da natureza. Então, para eles, uma reação química seria o resultado da capacidade do homem em modificar objetos e produtos. Uma outra seria por conta dos fenômenos ligados ao calor, e neste caso os discentes exemplificavam que uma reação é causada pelo fogo, calor, e frio, sendo que cada processo pode proceder de formas diferentes por conta do calor ou da frieza, como também por condições de cada fenômeno químico, e citavam que poderia ser por causa de uma enzima, do ar e também por causa do tempo.

Hesse e Anderson (1992) também realizaram um estudo nos Estados Unidos com 100 estudantes do Ensino Médio e observaram as diferentes concepções que podem ser empregadas para explicar as reações químicas quando eles discutem o conceito de mudança química. Segundo os autores, os discentes apresentam concepções das mais ingênuas em que atrelam a vivências do cotidiano sem se preocupar com o que é definido pela Ciência, e. g., eles substituíam regularmente materiais, energia e coisas do dia adia por substâncias químicas para explicar e ilustrar uma reação química; concepções intermediárias as quais eles reconhecem a reação química, mas não sabem explicar os motivos, assim como apresentam concepções exemplificando as reações como interação química.

Para Hesse e Anderson (1992), um número significativo de educandos quando interpretam diferentes reações químicas e as discutem não conseguiram problematizar o papel dos átomos e moléculas para construir explicações acerca deste conceito, e além disso alguns deles relataram que calor, frio seriam reagentes ou produtos, por exemplo, ao dizer que a frieza reage com o prego e assim ocorre a reação que provoca o enferrujamento, e por causa disso o objeto plástico não enferrujaria, pois não reage com o frio; na visão de um dos sujeitos a ferrugem era uma quebra do ferro, pois a frieza era uma forma de trazer à tona a ferrugem, afirmando também que o frio era uma forma de “puxar” a ferrugem, e ainda afirmou que quando há condições em que a temperatura está quente o prego não enferrujaria. Já outro discente

representou a reação e expressou que o ferro e frio eram os únicos reagentes e que o produto gerado era o ferro enferrujado.

Segundo Hesse e Anderson (1992), alguns estudantes expressaram características inanimadas para o processo de uma reação química com os seguintes exemplos: o processo de oxidação do ferro, (a ferrugem) seria a forma de enfraquecer e remover uma camada de um prego; que o oxigênio “comeria” o metal e depois do desgaste ficaria mais fino, como forma para explicar a diferença de peso quando se removesse a ferrugem de um prego. Sobre isso, outros educandos também adotavam a ferrugem como sendo uma espécie de mudança de estado do ferro; que o processo de queima em madeira, por exemplo, era uma forma de desintegração do material, bem como que a madeira puxava o fogo e que o oxigênio que mantinha o fogo acesso por meio das faíscas.

Outro ponto que foi verificado é que, para alguns estudantes, uma reação química se limitaria apenas a uma forma de representação de equação química, a qual também não conseguiam entender o papel de reagentes ou produtos gasosos, tidos como invisíveis nas reações (HESSE; ANDERSON, 1992). De acordo com os autores, poucos estudantes explicitaram que a reação química seria um processo que envolveria a separação e recombinação de moléculas, pois vários discentes apenas se atinham a escrever e balancear as equações químicas de forma direta, sem refletir o motivo do processo.

De todo modo, Hesse e Anderson (1992), expuseram que algumas concepções de estudantes expressaram que o ferro e o oxigênio seriam as substâncias responsáveis pela formação de ferrugem, na qual representava uma equação química e assinalava a formação do óxido ferroso. Além disso, afirmava que o óxido ferroso era um subproduto gerado pelos íons de ferro e íons de oxigênio formando uma nova substância.

Mortimer e Miranda (1995), também apontam a polissemia do conceito quando mencionam que as ideias dos estudantes sobre o conceito de reações químicas se ancoram em três categorias, a saber: a generalização, concepções em que os estudantes relacionam transformação química com mudança de estado; a transmutação, ideias de transformação química como uma propriedade inata daquele material, não como resultado da interação com outros materiais; e a animista, concepções nas quais atribuem capacidades dos seres vivos às substâncias como ter familiaridade para “gostar” de outro material e “rejeitar” um outro material.

Yan e Talanquer (2015) também ratificam a ideia animista aludida anteriormente, quando afirmam que muitos estudantes atribuem a intencionalidade às substâncias químicas,

nas quais átomos, elétrons e moléculas assumem um caráter de entidade nas reações químicas, e que a reação ocorre para satisfazer as necessidades ou os desejos desses componentes.

Rosa e Schnetzler (1998), relacionados às concepções alternativas sobre reações (transformações) químicas, a saber: a ideia de continuidade da matéria para explicar uma transformação química; a concepção que as explicações sobre transformação química concentram-se no nível macroscópico; e a transferência de aspectos observáveis no nível macroscópicos para o nível microscópico, impede que os estudantes construam modelos explicativos que possam se aproximar das ideias dos modelos propostos pelo contexto científico sejam sanados, já que defendemos que através da contextualização poderemos conceber possibilidades para a construção de significados do referido conceito e entendimento de suas ideias aplicados a contextos diversos a partir da proposição do perfil conceitual de reações químicas.

Em dois estudos realizados na Suécia com estudantes da educação básica sobre o conceito de transformações químicas a partir do uso de problemas aplicados a realidade, Andersson (1986, 1990) apresentou cinco categorias para concepções de estudantes sobre reações químicas: desaparecimento, deslocamento, modificação, transmutação e interação química. De acordo com o autor, a ideia de desaparecimento trata-se de uma de que no momento que acontece uma determinada reação (transformação) química, ocorre o desaparecimento de alguma substância ou mais de uma substância.

Sobre a ideia de deslocamento, ocorre quando uma dada reação (transformação) química faz uma das substâncias mudar de espaço físico, podendo desaparecer pelo simples fato de ter se deslocado; por exemplo, as gotas de água em uma mesa que saem de uma esponja molhada. Além disso, nenhuma propriedade das substâncias é alterada nesse tipo de transformação, sendo assim, a substância original é apenas deslocada e os átomos e moléculas formam uma espécie de revestimento (ANDERSSON, 1986).

Em relação à categoria de modificação, a ideia demonstra uma conotação de mudança de estado físico ou de forma no momento que acontece a reação (transformação) química. Para Andersson (1990), o que parece ser uma nova substância após a transformação é de fato a mesma substância inicial, embora de forma modificada, por exemplo como a madeira e a serragem da madeira. Na ótica de Andersson (1986), nesse tipo de transformação, na visão dos estudantes, certas propriedades são alteradas e outras não, mas continuam sendo a mesma substância, e neste caso os átomos podem mudar de forma, tamanho e também de cor.

Já na categoria de transmutação, uma dada substância é transformada em uma nova substância; a lâ de aço que após queimar se transformaria em carbono, pois o carbono seria

mais pesado, e neste caso a lâ de aço se transformaria e ficaria mais pesada depois de aquecida, permitindo a transmutação de ferro em carbono (ANDERSSON, 1986). Rosa e Schnetzler (1998) também exemplificam que a energia teria a possibilidade de transformar-se em matéria e vice-versa, e até mesmo a matéria é capaz de se transformar em outro tipo de matéria, fazendo relações com algumas leis da química. Como por exemplo, segundo Andersson (1990) em sua pesquisa com estudantes sobre os gases de escape de veículos, alguns sujeitos expressaram que parte do petróleo pode se transformar em calor e energia cinética. Assim, para o autor, a substância original muda para uma nova substância, como Ferro e Carbono, e Gasolina e Energia, por exemplo. Nestes casos, a ideia atômica para esse tipo de transformação residiria na possibilidade dos átomos se transformarem.

E sobre a categoria interação química, os estudantes apresentavam concepções tanto do mundo macroscópico quanto acerca da ótica atômica. Nesse sentido, a substância original poderia deixar de existir enquanto novas substâncias seriam formadas. Por exemplo, o ferro poderia se combinar com o oxigênio no ar, bem como a gasolina se combinaria com o oxigênio, e por isso os gases de exaustão pesariam mais (ANDERSSON, 1986). Assim, nessa categoria a reação (transformação) química seria algo dinâmico relacionado à natureza corpuscular da matéria, na qual a identidade atômica era conservada e as reações ocorreriam a partir de combinações de átomos.

Assim sendo, as categorias propostas por Andersson (1986, 1990) buscaram, além de entender o conceito de transformações químicas, também se dedicar a tentar tecer relações em relação ao conceito de átomos e moléculas como formas para compreender as reações químicas. Dessa forma, ratificam a existência de diferentes concepções alternativas que o conceito de reações (transformações) apresenta em situações de ensino de química e comprovando aspectos polissêmicos do conceito.

Esses aspectos da polissemia do conceito de reações químicas também foram observados no estudo de doutoramento de Boo (1996), realizado em Singapura, quando buscou-se analisar formas em que estudantes da educação básica verbalizavam e representavam aspectos do conceito de reações químicas durante entrevistas acerca da química das reações de combustão, oxirredução e de precipitação.

Boo (1996) expressa que em variados momentos os estudantes não se restringiam a explicações científicas do conceito, apresentando concepções alternativas que variavam de acordo com a familiaridade com a questão tratada. Sendo assim, a autora verificou que alguns desses estudantes entendiam que em uma transformação química ocorre a transferência de elétrons ou alteração do número de oxidação das substâncias envolvidas, assim como

pontuaram a existência de mudanças de energia envolvida nas reações e acerca da existência de uma interação química entre solventes em uma reação, isso para explicar as reações de redox.

Outro fato observado por Boo (1996) foi que os estudantes, quando pensavam sobre reação de combustão que ocorria nas ligações químicas para que acontecessem, e que quando elas aconteciam havia quebras nas estruturas explicitou-se a capacidade de alguns estudantes para explicarem que em uma reação química existiam estruturas fortes e uma energia que permitia a liberação e quebras, ou seja, na fala de alguns discentes a reação química tem a energia interna dos produtos químicos, assim como uma reatividade diferencial ou atração entre os produtos químicos.

Além do mais, Boo (1996) constata a visão científica em relação à reação química a partir do momento que um número pontual de estudantes se refere à transformação das substâncias a partir de uma mudança de energia, na qual a reação seria exotérmica, com estruturas sendo formadas mais fortes do que as ligações que podem ser quebradas ou serem o reverso para uma reação endotérmica. Dentre esses estudantes, a autora também aponta outra característica expressada pelos educandos acerca da importância de o calor para uma reação química existir, afirmando que seria a força motriz para uma transformação química ocorrer, e que o calor provocava o aumento da entropia do sistema e que, ao ter menos entropia, teria mais ordem e estabilidade para uma reação química incidir.

Mas vale salientar que, segundo Boo (1996), afirmou que a queima de cobre nem sempre era entendida por alguns estudantes como uma combustão, assim como outros destes discentes afirmavam que reações em soluções também seriam um tipo diferente de reação química da combustão. Assim sendo, a heterogeneidade do conceito de reações químicas se mostra bastante pertinente, e apresenta uma gama de contextos e significados.

Boo (1998), em outro estudo buscou entender o papel das ligações químicas e identificar concepções de estudantes em relação à força motriz de reações químicas e sobre as explicações deles acerca das razões pelas quais as reações químicas ocorrem. A autora observou uma grande dificuldade na forma que alguns educandos relacionavam as partículas, tais como átomos, íons, moléculas e ligações para compreender as interações que ocorrem entre as substâncias, que podem permitir a ocorrência de algumas reações químicas.

Nesse sentido, Boo (1998) aponta o surgimento de uma gama de concepções não científicas relacionadas à atribuição de recursos acerca das propriedades macroscópicas para explicar eventos de partículas microscópicas. Por exemplo, quando cobre e oxigênio reagem para formar óxido de cobre II, os estudantes afirmavam que seria uma reação endotérmica pelo fato de que, sem aquecimento, nenhum óxido seria formado. Por isso, para a autora, alguns

estudantes não conseguem organizar seus argumentos para entender o processo de uma reação química, apresentando, assim, ideias bastante intuitivas ou ingênuas.

Um dado interessante expresso por Boo (1998) mostrou que alguns educandos explicavam que as ligações químicas seriam como a matéria, e estariam ligadas à noção cotidiana de construir qualquer estrutura e que para isso ocorrer, bastaria uma contribuição energética, assim como, seu inverso, a destruição das ligações químicas liberaria energia para formar as substâncias iniciais. Esses argumentos dos discentes apresentavam a noção de que a ocorrência da criação de eventos químicos requereria a entrada de energia, fazendo assim uma extrapolação sobre eventos do mundo macroscópico para o mundo microscópico.

Para Boo (1998) são concepções alternativas que encontram aplicações no discurso dos estudantes, e que de certa forma eles usam para explicar algumas ideias de reações químicas, como por exemplo, alimentos que contêm energia química que é transformada em energia térmica combinado a dióxido de carbono e água a partir da reatividade com o oxigênio, levam ao equívoco de que o oxigênio não contém energia química e que a energia térmica provém apenas dos alimentos, ou seja, entende-se que advém da quebra de vínculos nos alimentos em vez da interação entre oxigênio e alimentos.

Vale ainda destacar que Boo (1998) também observou que, de acordo com estudantes do Ensino Médio, a força motriz de todas as reações químicas é a diminuição da energia livre do sistema ou o aumento da entropia do universo. Assim, existe uma concepção de que para uma reação química ocorrer é preciso um causador externo ativo, e que o calor absorvido do ambiente seria uma possível força para a reação acontecer. Já outra visão verificada é a de que a força motriz para reação química proceder provém dos reagentes, por exemplo, na reação na qual realiza a adição de magnésio para diluir o ácido clorídrico, o magnésio é a força motriz, pois ele é muito reativo e orientará toda reação, já outra concepção era a de que o ácido é a força motriz, pois é forte e vai dirigir toda a reação química.

Outro estudo realizado por Ahtee e Varjola (1998) aponta que as concepções de estudantes da educação básica e da universidade são tratadas como reorganização de átomos, quebra e reforma de ligações, e alterações físicas ou químicas nas substâncias. E a grande maioria não sabe descrever adequadamente o conceito, bem como explicar diferenças entre substância e átomo. Tal fato, segundo as autoras, ratificam ainda mais a necessidade de os professores esclarecerem a diferença entre transformações químicas e físicas no processo de ensino e aprendizagem.

Ahtee e Varjola (1998), também expressam que estudantes do ensino fundamental, por não entenderem a natureza particulada da matéria, não sabem explicar e expressar a existência

acerca da reorganização dos átomos em uma reação química. Por outro lado, alguns deles sabem expressar a diferença entre a mudança de estado de uma substância e os estados dos reagentes na reação. Eles também enfatizam que as diferenças entre mudanças físicas, químicas e nucleares devem ser explicadas em termos de quais substâncias ou partículas são destruídas e quais são conservadas.

Nesse pensamento, é preciso enfatizar cada vez mais a forma como os conceitos são aprendidos pelos estudantes, bem como de que modo ocorre o processo de conceituação, para que eles se sintam confortáveis em aprimorar suas próprias ideias com base em novas evidências. E para isso, ratificamos a importância dos contextos no ensino de reações químicas, pois concedem a oportunidade de ensinar química e discutir várias questões sociais, econômicas e químicas relacionadas aos itens que poderão incentivar os educandos a compreender esse conceito.

Para Ahtee e Varjola (1998), quando o aprendizado dos estudantes fica restrito às ideias científicas, pode ocorrer uma forma mais lenta para compreensão conceitual deles. Assim, na visão das autoras, eles podem ficar confusos acerca das características e aplicações das reações, pois é apenas um ensino da reação química unidirecional visando entender uma equação química, e que em alguns casos os impede de entender, a existência por exemplo de uma reação de equilíbrio. Por isso, ratificamos a importância de os professores serem categóricos no uso dos termos científicos, e enfatizar a multiplicidade de sentidos e significados que um conceito possui.

Boo e Watson (2001), realizaram um estudo bastante pertinente no qual investigaram concepções de estudantes sobre o conceito de reações químicas em solução, e diante disso perceberam que, quando os discentes usam suas ideias interpretando reações em solução, eles priorizam a categorização dos eventos que podem ser percebidos, semelhante aos demais estudos já mencionados nessa subseção, em que se observa que aquilo que é possível aprender a partir da observação ganha muito significado no discurso dos estudantes. Os autores também demonstram que apesar de que em muitos momentos ainda persistem ideias mais informais, muitos desses estudantes de Química a nível avançado do Ensino Médio explicitaram que as reações químicas ocorrem a partir de rompimentos de ligações e formação de produtos, com base em mudanças de energia envolvida na solução, mas pouco consideram a influência da entropia numa reação química.

De toda forma, para Boo e Watson (2001), muitos estudantes ainda não conseguem compreender que durante uma reação química as entidades que reagem são alteradas, e que isso significa que os produtos gerados não têm as mesmas propriedades que os reagentes, e que,

embora os átomos envolvidos na reação sejam conservados, o rearranjo de seus elétrons leva a propriedades diferentes. Os autores também salientam que algumas ideias desses estudantes apresentam confusão quanto à natureza das ligações químicas e sua importância para o conceito de reações químicas, tendo em vista que as ligações são vistas como entidades que ligam átomos e, portanto, um entrelaçamento de íons, na qual nenhum íon está especificamente ligado a outros íons, torna-se difícil de entender em termos de ligação.

Outra questão, especificada por Boo e Watson (2001), é que além de terem dificuldade em identificar corretamente os vínculos que estão sendo rompidos e formados em uma reação química, muitos estudantes não conseguem identificar corretamente a direção da mudança de energia quando os vínculos são rompidos e formados. E a maioria dos estudantes não entendem a ideia de que as reações químicas são impulsionadas por um aumento da entropia no universo, e quando são condicionados a refletirem sobre isso, apenas direcionam suas falas para explicar as reações químicas a partir de uma causa para uma possível mudança.

Tsaparlis (2003) também realizou uma pesquisa com estudantes do Ensino Médio e do primeiro ano de um curso de Química na Grécia buscando analisar as concepções de reações químicas e fenômenos químicos. Para o autor, os estudantes conseguem identificar os fenômenos químicos e as reações químicas, entretanto, apresentam dificuldades em diferenciar processos naturais dos causados/manipulados pelo homem, bem como apresentam ideias intuitivas acerca de uma reação química apresentando a concepção que se trata de um processo simples que podem ser expressos por meio de equações químicas.

Para Tsaparlis (2003), um grupo de estudantes afirma que uma reação química é um fenômeno natural, como o amadurecimento de frutas, a deterioração das folhas das árvores, a ferrugem do ferro e o leite azedo. Já outros discentes explicam que a reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro. E para um pequeno grupo de estudantes, uma reação química é um fenômeno que tanto é natural quanto causado pelo homem, tais como, o cozimento de uma carne e também a queima dela, a ação do suco de limão em um mármore, a queima de madeira e a fermentação de suco de uva.

Segundo Tsaparlis (2003), quando os estudantes pensam acerca do conceito de reações químicas eles preferem se debruçar nas explicações daquilo que fazem parte do seu cotidiano, refletindo sobre sua realidade, apesar de não conseguirem apontar discussões a nível atômico. Por isso, o autor, observou que muitos estudantes percebem a reação química na espuma da

cerveja, quando eles dissolvem açúcar no chá, ao dissolverem sal em uma sopa e quando a cera de uma vela derrete, e até mesmo na fabricação de perfumes.

Tsaparlis (2003) também destaca que, quando alguns alunos tentam discutir sobre um fenômeno químico e uma reação química, vê-se que para eles os fenômenos químicos são processos apenas irreversíveis, e que apenas alguns tipos de reações químicas são reversíveis e irreversíveis. Segundo o autor, para alguns estudantes a espuma da cerveja é uma espécie de reação química, pois segundo um deles o álcool entra em contato com o ar, e por isso ocorre a formação da espuma. Já outro educando assinalou que a espuma só passa a existir quando a garrafa de cerveja é aberta. Por outro lado, outro aluno não aceitou que um gás fosse envolvido na espuma. Sobre essa questão da espuma da cerveja, o autor aponta que poucos alunos explicaram que a espuma da cerveja os levou a pensar em uma reação, mas logo relacionaram ao ácido carbônico em bebidas e ilustraram uma equação química para justificar suas inferências $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

Assim, em seu estudo, Tsaparlis (2003), expressa que é necessário cada vez mais melhorar o processo de ensino acerca do conceito de reações químicas para que ele seja visto como fundamental na compreensão da Ciência Química, e que os estudantes desenvolvam cada vez mais concepções mais sofisticadas em que consigam tecer explicações a partir da ótica da natureza das ligações químicas, compreendendo as ligações intermoleculares e intramoleculares nas reações. Além disso, que compreendam processos de solvatação, de cristalização, a reversibilidade das reações e as alterações químicas que acontecem entre as partículas submicroscópicas.

Outro estudo significativo, foi realizado por Solsona, Izquierdo e De Jong (2003), acerca das concepções de estudantes do ensino secundário de Barcelona, que organizou diferentes ideias para o conceito de reações químicas. Vale salientar que neste trabalho os autores chamam a estruturação das ideias sobre o conceito de zonas, todavia eles apenas se detiveram a mapeamento de concepções sem realizar um estudo profundo de fontes históricas secundárias, bem como em concepções informais da literatura. Assim, depois de aplicar um questionário, os autores dividiram as respostas em categorias e subcategorias. A partir da combinação das mesmas, foram propostas quatro zonas (*profiles*): *interactive*, *meccano*, *kitchen* e *incoherent*. Na primeira zona (*interactive*), os estudantes apresentam ideias relacionando a aspectos macroscópicos e microscópicos. As zonas *meccano* e *kitchen* representam visões no nível microscópico (ligações, átomos, interações) e macroscópico (comportamento das substâncias, fenômenos químicos), respectivamente. Já na zona *incoherent* os estudantes alunos apresentam um desconhecimento do assunto, não sabendo explicar o que era solicitado no questionário.

E seguindo o mesmo procedimento citado anteriormente, Machado Jr. et al. (2006) propuseram uma ideia para um possível perfil conceitual para o conceito de reações químicas, mas apenas se detiveram à organização de concepções de estudantes do 1º ano do Ensino Médio de um colégio público da cidade de Viçosa (MG). Neste estudo, eles indicaram as seguintes zonas: realista, substancialista e animista. Na zona realista, foram consideradas concepções mais ingênuas que se referem à identificação da ocorrência das reações químicas por evidências, tais como, pela mudança visual dos sistemas, mistura de substâncias, ou destruição da matéria. Em relação à substancialista, os estudantes dão *status* de substância às propriedades organolépticas delas, como cor e cheiro. Já na zona animista, os estudantes atribuem às reações químicas alguma capacidade (propriedade antropomórfica) das substâncias de se transformar. Os autores ainda apresentam um nível de explicação racionalista, na qual é considerado o pensamento científico na compreensão do conceito.

Outras pesquisas que corroboram a polissemia do conceito de reações químicas foram realizadas por Silva e Amaral (2006) e Silva (2008), baseadas nos estudos de Rosa e Schnetzler (1998) e Andersson (1990) ao elaborarem uma metodologia em que se tinha por objetivo ensinar o referido conceito com base na teoria dos perfis conceituais. Uma grande contribuição deste estudo para este projeto é que os experimentos propostos levaram em consideração os compromissos epistemológicos das diferentes formas de verbalizar o conceito em questão, o que já contribui para nossa proposta, apontando caminhos que devem ser seguidos na proposição de um perfil conceitual para o conceito de reações químicas.

Outro ponto que também elencamos é a necessidade de aprofundar os compromissos ontológicos e axiológicos do conceito de reações químicas para a organização dos diferentes modos de pensar e mobilizar o conceito, bem como Mortimer e Miranda (1995) e Silva e Amaral (2006) colocaram, é necessário buscar formas para que este conceito ganhe significado para os estudantes, permitindo que seja discutido amplamente no processo de ensino e aprendizagem, e que sejam realizadas relações com transformações químicas que são corriqueiras na vida das pessoas, sendo isso possível através de processos de contextualização que além permitir os conhecimentos químicos irão além dos aspectos escolares e acadêmicos, e podem também apontar possibilidades para a tomada de consciência acerca dos distintos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos sobre o conceito de reações químicas.

Silva (2008), propôs cinco categorias que sugeriam possíveis zonas para o conceito de reações químicas: categoria 1, reação *versus* mudança de estado físico ou forma, e categoria 3, reação igualmente à destruição da matéria, que sugerem ideias intuitivas, sugerindo a ideia

realista para o conceito; categoria 2, reação química como uma mistura de substâncias, pois, as concepções se baseiam no que o indivíduo percebe no seu cotidiano, apontando assim uma ideia empirista; categoria 4, transmutação e animismo, na qual as concepções se enquadram como animistas, sugerindo a zona animista e, por fim, a categoria 5, concepção a nível microscópico, que corresponde a visão científica, sugerindo assim uma possível zona racionalista.

Stains e Talanquer (2008), ao estudar as formas que estudantes de graduação e pós-graduação em química realizam representações simbólicas e microscópicas (particuladas) de diferentes reações químicas, identificaram que estudantes compreendem as reações a partir de duas características que eles nominaram de explícitas e subjacentes. A primeira, a reação química, é aquela que os elementos são totalmente visíveis em uma determinada representação química, que se pode perceber a carga da partícula e o estado da matéria de uma substância indicando se é sólido, líquido ou um gás. A segunda, e que os processos químicos não são expressos por meio de representação, que dificulta a compreensão de uma dada reação químicas, pois cita-se que é uma reação de oxidação, por exemplo, mas não informa e a como número de oxidação.

Além disso, Stains e Talanquer (2008) ainda relatam na fala dos estudantes que para identificar explicitamente uma reação química é imprescindível a presença de partícula, pois para eles é necessário perceber isso em determinadas espécies para que se percebam também as mudanças na quantidade usada durante o processo químico nos estados da matéria envolvidos em uma reação química e, por fim, na identidade química de substâncias específicas, por exemplo, se a água está presente numa dada reação.

Os dados percebidos por Stains e Talanquer (2008), são muito importantes para os estudos acerca das concepções alternativas, uma vez que trazem formas de pensar as reações na ótica de representações simbólica e microscópica. Entretanto, para os autores, mesmo analisando estudantes de graduação e pós-graduação em Química, o conhecimento em classificação química se mostraram necessariamente semelhantes, não existindo muitas diferenças por conta da formação acadêmica, e ainda descobriram que uma proporção significativa de estudantes de graduação, independentemente do seu nível de preparação em química, basearam na identificação de características das reações químicas, e ainda destacaram que, apesar de maioria dos participantes se expressarem em níveis semelhantes de desconhecimento das imagens microscópicas das reações químicas, os estudantes avançados apresentaram ter maior habilidade em usar os recursos representacionais para explicar uma reação química, desde a reação redox às de formação de precipitado.

Kermem e Méheut (2008), realizaram um estudo no currículo francês acerca do conceito de transformações químicas, e identificaram que o conceito de reação química é percebido como uma mudança química completa e que os estudantes têm dificuldades de entender que um reagente permanece presente após a troca do sistema, enquanto a seta de representação de uma reação implica no desaparecimento de todos os reagentes. Além disso, muitos estudantes imaginam que um sistema químico de uma reação no estado de equilíbrio é uma mistura de todos os produtos químicos escritos em uma equação química, e ainda entendem que as espécies escritas no lado direito da equação química e os escritos à esquerda são fisicamente separados.

Nesse sentido, para Kermem e Méheut (2008), o entendimento desses estudantes consideram a situação experimental como uma cópia do modelo de representação da equação química, o que sugere uma clara distinção entre a descrição de um experimento e sua interpretação, e que ratifica a dificuldade de muitos estudantes em entender e interpretar os fenômenos químicos. Outro fato também investigado pelas autoras, verificou se os estudantes se utilizam de modelos termodinâmico, cinético ou alternativo para explicar uma reação química ao observar diferentes experimentos, e identificaram que muitos estudantes conseguem explicar a partir do cinético, na qual eles argumentam que o sistema está em equilíbrio por conta de duas reações opostas ocorrendo simultaneamente e com taxas iguais.

Um segundo foi o modelo equilíbrio, mas sem evocar nenhum argumento cinético, e neste os estudantes apenas pronunciam que as mudanças atingiram o equilíbrio e por isso não podiam mais evoluir sem apontar nenhum fator cinético. O terceiro encontrado foi o de mudança completa, e a fala dos discentes se limita a declarar que existe uma mudança química por conta da limitação de reagente, ou seja, a transformação química é interrompida pois um reagente é usado e a composição do sistema em estado final aponta que todas as espécies não estão presentes e, por fim, alguns alunos dizem que nenhuma reação está acontecendo (KERMEM; MÉHEUT, 2008). As autoras ainda salientam que nenhum dos estudantes mencionam colisões ou informações de colisões entre partículas ou moléculas para explicar as reações químicas.

No estudo de Bernardelli (2014), a autora construiu uma proposta conceitual das teorizações, termo utilizados pela autora para sistematizar o conceito de transformações químicas a partir do tema sistema digestivo, utilizando-se da análise de conteúdo como ferramenta analítica. Assim, a pesquisa foi estruturada a partir da aprendizagem significativa, perfis conceituais, interdisciplinaridade e formação docente, e foram propostas quatro zonas, com base em mapas conceituais e diários de bordo elaboradas por 25 discentes do curso de

Licenciatura em Biologia de uma universidade pública do estado do Paraná. Dentre as zonas estruturadas, estas foram nominadas de: substancialista, generalista, relacional e reflexiva.

De acordo com Bernardelli (2014), na zona substancialista os licenciandos apresentaram seus conhecimentos a partir ideias informais do fenômeno, como analogias entre a visão macroscópica e a atômico-molecular. Na zona generalista, os discentes generalizam o conceito de substância, elemento químico, transformações químicas e físicas como se fossem conceitos iguais. E ainda, segundo Bernardelli (2014), os educandos nos mapas conceituais elucidaram a mudança de fase da matéria como uma transformação química.

Sobre a zona relacional, esta tratou os conhecimentos científicos em relação as propriedades do conceito a partir da predominância de noções biológicas dos licenciandos. Para Bernardelli (2014), nesta zona se considerou a forma científica de pensar o conceito a partir do processo de digestão e as relações que os estudantes fizeram entre a abordagem das teorizações e o conceito de transformações químicas. Em relação à zona reflexiva, esta tratou das interpretações e noções disciplinares e interdisciplinares do conceito a partir do sistema digestivo.

Já em outro estudo, proposto por Yan e Talanquer (2015), buscou-se explorar como os tipos de reações, de combinação, decomposição e deslocamento influenciam o pensamento dos estudantes, e verificaram que eles não conseguem explicar reações químicas em termos de interações entre partículas submicroscópicas, apenas confiam nos recursos macroscópicos de reagentes e produtos para explicar ou prever os resultados das reações. Diante disso, os autores averiguaram que algumas ideias dos estudantes para explicar o motivo da reação química acontecer estariam arroladas por objetivos intrínsecos das partículas submicroscópicas, como os átomos querem reagir para obter um octeto de elétrons de valência, enquanto outros falam que as reações seriam o resultado de colisões aleatórias entre os componentes.

Além disso, Yan e Talanquer (2015) organizaram três dimensões para descrever as ideias dos alunos sobre o mecanismo químico: como as reações começam, como as reações acontecem e quando as reações param, e outros três para descrever as ideias dos alunos sobre causalidade química, dentre eles, o porquê as reações acontecem, o que impulsiona as reações e o que determina a extensão da reação. Em seus resultados, os autores verificaram que alguns participantes declararam que as reações químicas ocorrem devido à atração de partículas de diferentes tipos que levaram essas partículas a se combinarem. Em outros casos, os alunos alegavam que uma reação ocorria através da quebra e formação de ligações químicas e afirmavam que o processo era conduzido pela tendência das partículas a se tornarem mais estáveis.

Outra classificação dada por Yan e Talanquer (2015), foi a de que para os estudantes as reações químicas acontecem porque existe um reagente mais reativo do que o outro, colocando a existência de ataques diretos entre os reagentes durante a reação química. Já outros assumiram a ideia de que o calor é o responsável por isso, apontando assim uma ideia de que o conceito de reações químicas está associado a agentes externos para iniciar qualquer processo. Uma ideia percebida foi a de que os processos químicos que iniciam as reações ocorrem por conta de necessidade ou desejos dos agentes da reação em busca de alcançar um estado mais estável, ancorado em argumentos teleológicos.

Muitos estudantes também, de acordo com Yan e Talanquer (2015) têm dificuldade em explicar por que os estados mais estáveis seriam formados e, quando o fizeram, construíram argumentos energéticos que negligenciavam considerações entrópicas. Da mesma forma, a maioria dos participantes do estudo não expressou uma visão dinâmica das reações químicas nas quais os estados finais envolvem equilíbrio químico entre processos concorrentes.

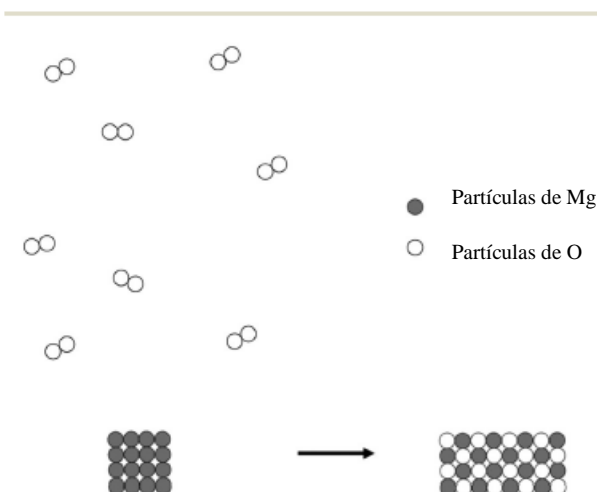
Um fato que acreditamos ser relevante percebido por Yan e Talanquer (2015) é o de que estudantes que estavam iniciando a graduação tendiam a pensar nos produtos químicos como agregados físicos que simplesmente se combinam ou se separam durante as transformações químicas, sem uma ideia clara do que acontece no nível molecular. E estudantes de graduação mais avançados tendiam a conceituar processos químicos como envolvendo a quebra de ligações e a formação de ligações, mas frequentemente propunham mecanismos idiossincráticos para gerar o produto desejado nas reações químicas.

Cheng e Gilbert (2017) e Cheng (2018) realizaram um estudo com estudantes de Ensino Médio em Hong Kong e propuseram que o conceito de reações químicas seja explorado a partir de dois modelos: o primeiro é o modelo de partículas, no qual uma reação química seja considerada como uma simples combinação e rearranjo de partículas e não envolva qualquer alteração na identidade dos reagentes, i. e., a identidade dos reagentes envolvidos na reação não se modifica e elas ainda se conectam antes e depois da reação, mas podem ajudar os estudantes a compreenderem o papel da energia e a cinética da reação. O segundo modelo seria o atômico, e para os autores neste modelo em uma reação química existe uma transformação de uma espécie química em outra, o que envolve entidades estruturais específicas como átomos, íons, moléculas, elétrons e prótons que participam dos processos das reações químicas e podem ser tornar novas espécies químicas como resultado final.

Para Cheng e Gilbert (2017), a compreensão das reações químicas como partículas a uma dada reação química fica abalizada como um rearranjo de partículas e que estas se reorganizam e formam um novo produto, entretanto não envolve interações de elétrons e

prótons. Neste pensamento, Cheng (2018) considera a reação química como um processo de rearranjo espacial dos reagentes para formar novos produtos, por exemplo, a reação química do Magnésio com o Oxigênio é, em muitos casos, representada por círculos conectados e apenas como uma reação simples, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21: Reação entre Magnésio e Oxigênio a partir de um modelo de partícula

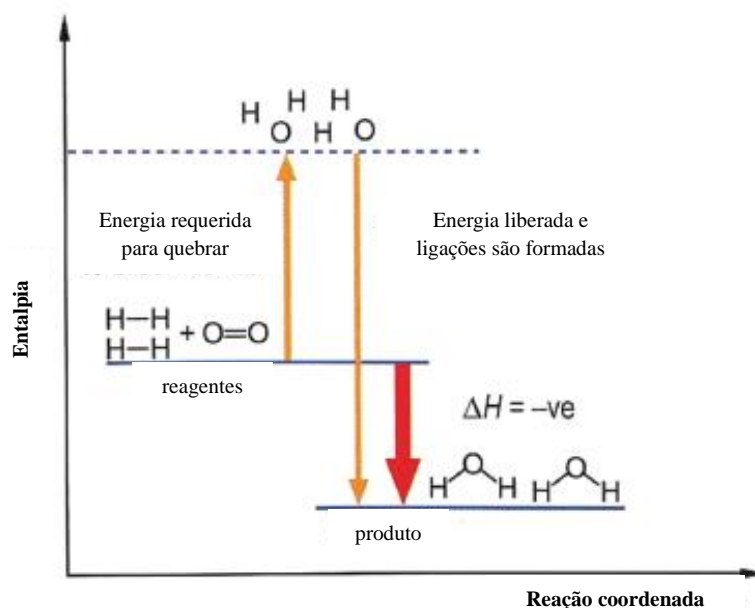


Fonte: Cheng (2018) (tradução nossa).

Segundo Cheng e Gilbert (2017), essa visão das reações como partículas é muito representada em livros didáticos de Química do Ensino Superior, mas não é considerada a interação de partículas subatômicas. A exemplo disso tem-se a explicação de um estudante, que de acordo com os autores explica que a ferrugem é uma combinação de ferro com partículas de oxigênio.

Cheng (2018) também exemplifica que a compreensão das reações químicas como partículas está atrelada à mudança de entalpia da reação e pode ser considerada como resultado da quebra de vínculos entre parte de reagentes e a formação de produtos. Para isso, o autor expressa que no processo de ensino essa ideia se alinha aos processos de quebra de ligações e formação de ligações químicas, como por exemplo, a reação de $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ como um processo de quebra de ligação com H-H e O=O se tornando Hs e Os e se combinando para formar H_2O , na qual considera a energia envolvida na reação química de acordo com a Figura 22, apresentada a seguir:

Figura 22: Diagrama de representação de um rearranjo espacial de uma reação química como partícula

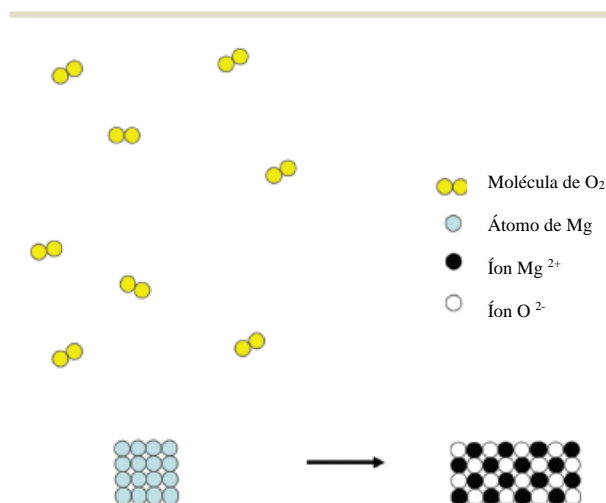


Fonte: Cheng (2018) (tradução nossa).

Assim, essa forma de representação da Figura 22 permite ilustrações visuais de diversas reações moleculares além da supracitada, e. g., a formação de amônia a partir de seus elementos constituintes; a combustão de um sólido a partir de ligações covalentes como o grafite na qual se assume que ele é feito de átomos/partículas de carbono; e até a partícula de água que pode ser entendida como uma partícula de unidade única, representada como uma esfera ou círculo para visualizar H₂ e O, como sendo formada por três partículas/átomos (CHENG, 2018).

Em relação às reações químicas a partir da ótica atômica, as entidades estruturais como moléculas, átomos e íons podem se tornar novas entidades químicas (CHENG, 2018). Para tanto, o autor expressa que é uma forma de explicar uma reação química como um processo submicroscópico no qual durante a reação, e.g., de nitrato de cobre e prata seja possível considerar as trocas de elétrons que permitem que a reação ocorra. Além disso, Cheng (2018) argumenta que o modelo atômico para uma reação química pode ser visualizado na combustão de Magnésio e Oxigênio em que é compreendida a formação de íons de Mg a partir de átomos de magnésio e a formação de íons óxidos a partir da molécula de oxigênio. Conforme apresentado na Figura 23 a seguir:

Figura 23: Reação entre Magnésio e Oxigênio a partir de um modelo atômico



Fonte: Cheng (2018) (tradução nossa).

Assim, segundo Cheng (2018) a reação química na visão atômica vai além da reorganização espacial das diferentes espécies químicas, uma vez que, conforme observado na Figura 23, também considera a transferência de elétrons de átomos de magnésio para o oxigênio que forma a base para a compreensão de todo processo da reação redox. Para o autor, essa forma deveria ser mais explorada no processo de ensino e aprendizagem do conceito de reações, pois muitos estudantes não conseguem refletir acerca de todas as espécies químicas que fazem parte de uma reação química.

Cheng (2018) também destaca que o olhar atômico para as reações químicas, e ainda considerando a reação entre o Magnésio e o oxigênio, é uma forma de fazer com que os estudantes entendam a reação química como uma reconfiguração de sistemas de núcleos (ou núcleo) e elétrons, pois é possível observar que existe uma mudança nos elétrons ao redor dos núcleos de oxigênio quando moléculas de oxigênio se tornam íons óxidos, conforme representado na Figura 23. Para Cheng e Gilbert (2017), essa forma de compreender uma reação química pode possibilitar que os estudantes entendam que os átomos, íons e moléculas têm estruturas relativamente bem definidas, i.e., um átomo tem um número igual de prótons e elétrons, um íon tem um número desigual de prótons e elétrons e carrega uma carga elétrica, e uma molécula é concebida como sendo feita de um aglomerado de átomos.

Diniz Júnior e Amaral (2019) também realizaram um estudo em fontes históricas secundárias, trabalhos de levantamento e classificação de concepções informais e concepções de estudantes do ensino médio para o conceito de reações químicas, e propuseram seis categorias, quais sejam: categoria 1. reações químicas ocorrem como tendência natural ou

espontaneamente, aqui as reações ocorrem de forma natural, sem que haja qualquer interferência externa; categoria 2. atribuição de caráter místico à ocorrência de reações químicas, nesta categoria as reações químicas acontecem por razões místicas, relacionadas com a transformação e aperfeiçoamento da matéria e do homem; categoria 3. as reações químicas ocorrem pela atração entre materiais ou seus constituintes, e nesta categoria as reações químicas são consideradas como uma consequência da atração entre algo que constitui o material por uma afinidade de natureza pouco compreendida ou explicitada; categoria 4. reações químicas como resultado da interação entre substâncias, nesta há a percepção de que a reação química ocorre porque substâncias interagem entre si formando um produto, bem como há uma percepção de que os materiais são constituídos de substâncias que são responsáveis pelas transformações que ocorrem; categoria 5. reação química como resultado de novos rearranjos de partículas, nesta uma reação química entendida como rearranjo de partículas que constituem as substâncias—átomos, moléculas ou íons – havendo um balanço de massa entre reagentes e produtos; e a categoria 6. a ocorrência de reações químicas pode ser cientificamente prevista, assim existem parâmetros termodinâmicos que possibilitam prever transformações em sistemas, considerando a existência de condições que promovem uma transformação, o que vai além da verificação da evolução da mesma.

Por isso, Yan e Talanquer (2015) ratificam a importância da identificação e caracterização dessas diferentes concepções para o conceito de reações químicas, pois podem ajudar compreender como diferentes grupos de estudantes manifestam suas ideias acerca deste conceito, como também podem alavancar o pensamento dos alunos e projetar oportunidades de aprendizado que melhor orientem o desenvolvimento de entendimentos significativos. Ahtee e Varjola (1998) salientam que, além da compreensão sistemática, os discentes precisam aprender o conceito de reações químicas a partir da problematização e da reflexão de fatos cotidianos e experimentais, para que, assim, se estimule a capacidade de argumentação e construção de significados.

Assim sendo, a partir de toda discussão aqui apresentada, ratificamos a heterogeneidade do conceito de reações químicas, e ressalta-se ainda mais a importância deste conceito para a Química, e para o processo de ensino e aprendizagem dele nas aulas de Química e de Ciências. Neste sentido, acredita-se na pertinência da proposição de um perfil conceitual como forma de organizar os diferentes modos de pensar e formas de falar reações químicas, e contribuir ainda mais para o enriquecimento conceitual de professores e estudantes e na conscientização de zonas de um possível perfil conceitual de reações químicas.

CAPÍTULO 6

Proposição da matriz semântica e das zonas do perfil conceitual de reações químicas

Neste capítulo, apresentamos a análise dos dados obtidos, a partir estudos de fontes históricas secundárias da Ciência e da Filosofia da Química, bem como em pesquisas de levantamento de concepções informais na literatura, e identificação de concepções no ensino de Química aplicados a estudantes do Ensino Médio e licenciandos de Química. Esses dados foram cruciais para identificação de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, considerando os dados advindos de domínios sociocultural, ontogenético e microgenético, para proposição da Matriz Semântica e posterior proposição de zonas para o conceito de reações químicas.

Inicialmente exibimos a análise acerca da proposição da Matriz Semântica, seguido da proposição das zonas para um perfil conceitual para o conceito de reações químicas. Logo a posterior, discutimos os dados alcançados por meio de um questionário com estudantes do Ensino Médio e da aplicação de uma Sequência Didática aplicados com Licenciandos em Química, analisando modos de pensar e formas de falar do perfil de reações químicas em diferentes perspectivas. Por fim, analisamos a emergência de zonas do perfil conceitual de reações químicas, e identificamos domínios e modelos de contextos a partir dos dados obtidos por meio das situações problematizadoras.

6.1 Proposição de uma Matriz Semântica para o conceito de reações químicas

Para Mortimer e El-Hani (2014), o programa de pesquisa da teoria dos perfis conceituais reúne três ontoconceitos basilares e centrais nas Ciências Naturais, congregando o entendimento em torno de matéria, energia e vida. De acordo com Coutinho, El-Hani e Mortimer (2014), a compreensão de ontoconceito advém da noção de ontodefinição (EMMECHE; EL-HANI, 2000) que diz respeito a forma de categorização e organização de modos de pensar que podem estar integrados a contextos pragmáticos distintos, que são estruturados pela Ciência, mas que podem ser relacionados a contextos diversos.

O termo de ontodefinição foi proposto por Emmeche e El-Hani (2000), como forma de estabelecer uma categoria para entender o caráter pragmático da atividade cognitiva, que se remete a distintos modos de pensar em contextos específicos, todavia complexos, pois podem

estar alinhados a uma diversidade de objetos, que possuem uma aplicação em contextos pragmáticos diferentes, com formas de discussões diversificadas, mas que possuem especificidades correlativas.

De acordo com Mortimer e El-Hani (2014), um ontoconceito traz contribuições básicas na compreensão e explicação da atividade científica, apesar de apresentarem ideias basilares acerca da natureza dos objetos, podem não ser considerado em contextos específicos pelos cientistas, por estarem em determinados casos implícitos em uma estrutura disciplinar, mas que é importante para o entendimento sobre a relação do homem com Ciência e a sociedade. Assim, a noção de ontoconceito é de grande relevância na proposição de um perfil conceitual, uma vez que se pode pensar na complexidade de um mesmo conceito, e nos diferentes contextos pragmáticos que eles podem interligados, que podem ter sentidos e significados interdependentes entre si.

Por isso, Coutinho, El-Hani e Mortimer (2014), apesar de apontarem que os ontoconceitos são categorias mais amplas na Ciência que denotam explicações não muito profundas, apresentam uma aplicabilidade na sociedade científica, no contexto de ensino, em um entendimento disciplinar. Nesse sentido, ao longo dos anos diferentes perfis conceituais foram sendo propostos, alinhados a esses ontoconceitos citados. Assim, pertinentes ao conceito de matéria, temos átomos (MORTIMER, 2000), molécula (MORTIMER; AMARAL, 2014, PEREIRA, 2020), e substância (SILVA, 2011, SILVA; AMARAL, 2013, SILVA, 2017). Já no que concerne à energia, podemos mencionar calor (AMARAL; MORTIMER, 2001), entropia e espontaneidade (AMARAL, 2004) e energia (SIMÕES NETO, 2016). E relacionados ao conceito de vida, o conceito biológico de vida (COUTINHO, 2005), adaptação evolutiva (SEPÚLVEDA, 2010) e herança biológica (REIS, 2018).

E considerando o conceito de reações químicas, este traz contribuições ao ontoconceito de matéria, pois busca compreender a natureza de diferentes processos químicos, os quais resultam na interconversão de espécies químicas, a partir de reagentes e produtos e diferentes processos energéticos, que podem ser representados e discutidos de forma macroscópica, submicroscópica e representacional e que, além de trazer contribuições para explicações e definições para a Química, aponta subsídios e valores para sociedade, em diferentes contextos sócio-históricos e culturais.

Assim, para propormos um perfil conceitual para o conceito de reações químicas, nos aprofundamos em um vasto estudo, buscando traçar uma gênese para o conceito em questão, considerando fontes secundárias da história e filosofia da Química, na literatura que traçam concepções informais e em livros do Ensino Superior, conforme discutido em capítulos

anteriores. E por fim, a partir de uma investigação empírica com estudantes do Ensino Médio e da Licenciatura em Química.

Para esta seção, iremos discutir a seguir a Matriz Semântica para o conceito de reações químicas a partir de fontes secundárias da História da Ciência, de trabalhos de levantamento de concepções e de livros de Química do Ensino Superior.

6.1.1 Proposta de Matriz Semântica sobre o conceito de reações químicas

A elaboração de uma Matriz Semântica (MS) é um processo sistemático que ocorre a partir dos dados advindos da construção da gênese de um conceito determinado, neste caso, acerca do conceito de reações químicas. Então, a partir das evidências do domínio sociocultural que emerge dos registros da história da Ciência/Química, e do domínio ontogenético de trabalhos de levantamento de concepções informais e de livros didáticos de Química do Ensino Superior construímos uma matriz a partir de temas, categorias e identificação de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

A Matriz Semântica, de acordo com Reis (2018) e Pimentel (2019), nos auxilia na proposição de um perfil conceitual. Além do mais, a MS se ancora nas bases metodológicas da teoria dos perfis conceituais Coutinho (2005), Amaral e Mortimer (2006), Mortimer, Scott e El-Hani (2009), Sepúlveda, Mortimer e El-Hani (2013) e Mortimer et al. (2014), na qual buscam organizar diferentes compromissos para elaboração de diferentes modos de pensar e formas de falar um conceito.

Assim, para nossa MS estabelecemos dezesseis temas, os quais conseguem agrupar diferentes definições que estão alinhadas ao conceito de reações químicas, quais sejam: Transformações relacionadas com a modificação dos materiais; Transformações como ocorrência natural ou espontânea; Transformações relacionadas a forças místicas ou espirituais; Reação química a partir de características animistas; Reação química compreendida de forma generalista; Transformação química como afinidade e atração de substâncias; Reação química como forma de classificação; Reação química a partir de representações; Reação química como algo sensorial; Reação química a partir de evidências; Reação química a partir da racionalização de seus parâmetros; Reação química como algo pragmático; Reação química relacionada a combinações; Reação química relacionada às interações entre substâncias; Reação química associada a reorganização de átomos ou elementos; Reação química a partir de trocas energéticas.

É notório a existência de uma polissemia para o conceito de reações químicas que é respaldada a partir da identificação de múltiplos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos e da relação do conceito com diferentes contextos. Entretanto, na construção da Matriz Semântica, considerando os domínios sociocultural e ontogenético a partir fontes secundárias da História da Ciência/Química, de trabalhos de levantamento de concepções e de livros de Química do Ensino Superior, o conceito de reações químicas emerge inicialmente nos registros históricos como transformações (VIDAL, 1986, PARTINGTON, 1989, HUDSON, 1992; BENSUADE-VICENTE; STEGERS, 1992, MIERZECKI, 1991, MAAR, 2008, AMARAL, 2017; ROONEY, 2019) e com o passar do desenvolvimento social e da “Ciência” é apresentado como transformações químicas e por fim, como reações químicas. Vale ressaltar que estes dois últimos termos também são corroborados em dados da literatura, na qual são utilizados em contextos diversos (POWERS, 2014, DUFAULT, 2015, BOWLES, 1975, VAN BRAKEL, 2014, STEIN, 2004, PASDELOUP; LAUGIER, 1994, PLESCH, 1999, ATKINS; JONES, 2012, KOTZ; TREICHEL JR., 2009, BROWM; LEMAY; BURSTEN, 2005, ANDERSSON, 1986, 1990, MORTIMER; MIRANDA, 1995; ROSA, SCHNETZLER, 1998; AHTEE; VARJOLA, 1998, SOLSONA; IZQUIERDO; JONG, 2001; SILVA, 2008, BERNARDELLI, 2014, YAN; TALANQUER, 2015, WEINRICH; TALANQUER, 2016), entre outros. Salientamos que, ao longo de nossa discussão, iremos apontar os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que são representativos e apoiam os distintos temas anteriormente citados. De tal modo, a seguir, discorreremos uma síntese assinalando os temas, categorias e principais compromissos que foram confirmados ao longo de nosso processo de análise.

Sobre o nosso primeiro tema, **Transformações relacionadas com a modificação dos materiais**, reunimos visões da História e Filosofia da Ciência/Química na qual as transformações são alinhadas ao uso do fogo como ‘processo’ capaz de promover alterações na matéria. Esse tema, é integrado por uma categoria em que o fogo é o responsável pela transformação de materiais e alimentos como forma de sobrevivência nos primórdios da humanidade e no desenvolvimento de algumas civilizações a partir da transformação de diferentes metais (VIDAL, 1986).

Além do mais, dois compromissos se destacaram, o compromisso epistemológico realista, em que as transformações, a partir dos registros históricos (PARTINGTON, 1989), estavam relacionadas a ação do homem em manipular o fogo, mas em uma ótica do realismo ingênuo, pois não existia os moldes científicos, e tais evidências se amarram a estudos históricos, antropológicos e arqueológicos os quais subsidiam as discussões nos livros que

tratam da história da Ciência. Assim, esse primeiro compromisso, que emerge em nossos dados, o fogo seria uma forma de manifestação de uma transformação química, partindo da ideia da combustão de materiais e a capacidade de formar produtos, mesmo sem nenhum rigor, apenas cunhado na observação e técnicas aleatórias.

No segundo compromisso identificado como ontológico de processo, a transformação pode ser manifestada como um procedimento passível de sequenciamento. Segundo Rooney (2019), durante vários períodos a humanidade se utilizou do fogo como fonte de energia para transformação de materiais, e com o passar dos anos, algumas técnicas eram repassadas pelos diferentes indivíduos que viviam em pequenos grupos e assim, conseguiam fazer um sequenciamento de procedimentos, para o cozimento de alimentos, bem como a partir do período paleolítico para produção de ferramentas de metais, confeccionadas por meio do aquecimento de diferentes metais.

Para Bolzan (1976), Vidal (1986) e Powers (2014), a compreensão, mesmo que remota das transformações, foi um marco para o conceito de reações químicas, tendo em vista que refletir sobre a geração de produtos, dentre eles metais, pigmentação as quais registrou-se pinturas rupestres, vestígios pré-históricos de fogueiras, e etc, foi uma forma de entender que a partir das transformações a geração de outros materiais tornava-se possível. Além disso, as explicações as quais o fogo seria um dos primeiros princípios para uma transformação, por meio do qual seria possível realizar mudanças na matéria, foi um dos marcos para pensarmos em toda a gênese das reações químicas.

No segundo tema **Transformações como ocorrência natural ou espontânea**, agrupamos visões advindas da história e filosofia da Ciência/Química, bem como de trabalhos de concepções informais e de livros de Química em que o conceito em estudo é alinhado processo naturais e espontâneo na transformação da matéria. Esse tema, agrupa quatro categorias, a saber: as transformações associadas a uma tendência natural; transformação química como mudança por tendência natural; reação química como algo natural; e reações químicas como processos espontâneos.

Cada uma dessas categorias, apresentam diferentes compromissos. Sobre a categoria transformações associadas a uma tendência natural, identificamos o compromisso ontológico de processo, na qual se aponta a transformação como um processo a partir da reação dos elementos fundamentais e por conta de eventos de causa natural. Segundo Maar (2008), Bolzan (1976), desde os gregos se tinha ciência acerca dos elementos fundamentais, como terra, ar, fogo, e água, e que a partir deles havia um sistema de transformações que ocorriam por causas naturais em diferentes ciclos, conforme apresentando no capítulo 5. Para Bolzan (1976), o

entendimento desses ciclos teria uma forte influência acerca do conceito de reação química, pois as fases de transformações dos elementos fundamentais ocorreriam a partir de diferentes processos de decomposição da matéria.

Na categoria transformação química como mudança por tendência natural, temos o compromisso epistemológico naturalista, na qual a transformação química seria algo natural, intrínseco dos materiais. Tal compromisso de acordo com Hudson (1992), foi intensamente valorizado em diferentes períodos históricos, pois a transformação química não seria compreendida como resultado da interação com outros materiais, e sim uma propriedade inata daquele material. Para Powers (2014) e Bolzan (1976), esse compromisso foi ratificado por Aristóteles, quando aludia que as transformações ocorriam naturalmente em detrimento da existência de um ciclo de transformações que permitia que a matéria sofresse mudanças em uma ordem natural.

Ainda nessa categoria, constatamos o compromisso ontológico de processo, em que a transformação química ocorria por meio da quebra e formação de ligações químicas e se afirmava que o processo era conduzido pela tendência das partículas a se tornarem estáveis. Esse compromisso, apoia-se em uma visão da Ciência (MAAR, 2008), considerando a natureza das ligações químicas como forma de possibilitar uma reação química, mas na ótica de tendência natural.

Já na categoria reação química como algo natural, observamos a emergência do compromisso ontológico de processo, já que as reações químicas são alinhadas a eventuais processos que ocorrem por causas naturais. Para essa categoria, variados trabalhos de levantamento de concepções informais, Vos e Verdonk (1987), Mortimer e Miranda (1995), Ahtee e Varjola (1998), Tsaparlis (2003), Bernardelli (2014), entre outros, reforçam compromissos acerca da reação química como processo natural, em que na natureza não é algo mecânico, como a luz do sol como transformação química natural, bem como o amadurecimento de frutas, deterioração de folhas de árvores, ferrugem do ferro, até o azedamento de um determinado tipo de leite.

Por fim, na categoria reações químicas como processos espontâneos, também se constatou o compromisso ontológico de processo, na qual a reação química ocorre a partir de eventos que ocasionam em reações que procedem espontaneamente. Esse compromisso, se apoia em perspectivas emergentes em livros de Química do Ensino Superior (ATKINS; JONES, 2012, KOTZ; TREICHEL JR., 2009), por exemplo, a reação de oxidação de alimentos é apresentada como uma ocorrência natural, influenciada por um processo de decomposição espontâneo por conta da ação de microorganismos. Além do mais, quando se refere a alimentos,

a processo de lavagem e condições higiênico-sanitárias em que os alimentos são manipulados, podem influenciar em processos de oxidação de alimentos, por conta da atividade microbiana ocorre também de forma espontânea.

O terceiro tema **Transformações relacionadas a forças místicas ou espirituais**, acaudilhamos registros da história e filosofia da Ciência/Química e também de trabalhos de concepções informais, na qual o conceito em discussão é relacionado a questões extranaturais. Assim, nesse tema, propomos duas categorias que reuniam as informações sobre as forças místicas ou espirituais, sendo estas; transformações químicas a partir de alegorias e simbolismos, e a segunda, transformações químicas a partir de forças não naturais.

No que se refere à primeira categoria transformações químicas a partir de alegorias e simbolismos, observamos relações com o compromisso epistemológico substancialista do oculto e do íntimo, visto que as transformações eram associadas a características ocultas e capacidades que fariam parte do próprio material. Para Vidal (1986), Maar (2008), Dufault (2015), Bowles (1975), Powers (2014), as transformações da matéria por um longo período da história da humanidade foram explicadas por meio de virtudes e poderes. Nesse sentido, se existia uma compreensão as transformações poderiam ocorrer, mas em detrimento de fenômenos biológicos ou de transmutações para que os metais pudessem retirar imperfeições. Dessa maneira, além disso os metais podiam adoecer e também se curar, como uma capacidade oculta, esses processos poderiam ocorrer variadas vezes até chegarem a uma perfeição, pois além do caráter biológico, as transformações tornaram-se uma espécie de simbolismo para a matéria retirar todas as suas deficiências, sobretudo, por meio de transmutações, como se fosse algo da advindo internamente da matéria (DUFAULT, 2015, BOWLES, 1975).

No tocante a categoria transformações químicas a partir de forças não naturais, também identificamos o compromisso epistemológico substancialista do oculto, na qual as transformações químicas eram atreladas a processos místicos e conexos a sentimentos humanos. Para Duncam (1970), Crosland (2006) e Stein (2014), a visão de que todas as substâncias eram formadas pelos quatro elementos, e suas transformações ocorreriam a partir das forças do amor e do ódio, estabeleceu-se como um entendimento profundamente aceito, principalmente em uma ótica filosófica para explicarem as transformações químicas. Uma outra característica do compromisso supracitado seria da associação de uma transformação química, a partir da ação de espíritos invisíveis, que existia nos metais, os quais seriam os responsáveis pelas transformações de diferentes materiais (MAAR, 2008).

O quarto tema **Reação química compreendida a partir de características animistas**, organizamos informações procedidas tanto de registros em fontes secundárias da história da

Química, quanto de trabalhos de levantamento de concepções em que a reação química seria compreendida a partir de características inanimadas. Para tanto, elaboramos duas categorias, transformação química a partir do apetite ou potência e a segunda, reação química a partir de características animistas.

Sobre a primeira categoria transformação química a partir do apetite ou potência, observamos a emergência do compromisso epistemológico animista na qual as transformações químicas teriam atributos humanos. De acordo com Vidal (1986), considerando diferentes fatos históricos, uma transformação química de decomposição somente poderia ocorrer se tivesse um apetite ou uma potência nas substâncias, em que se existisse um apetite da substância A por uma B, quando unidas, a transformação poderia ocorrer, quando não, não existiria nenhum tipo de transformação química nelas.

Em referência a segunda categoria reação química como algo animista, averiguamos também o compromisso epistemológico animistas, quando o conceito de reação química é trabalhado no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Mortimer e Miranda (1995), o conceito de reação química no chão da escola apresenta relações animistas, quando a ferrugem é entendida como uma espécie química que brota na umidade e permanece no ar, e por conseguinte, consegue atacar o metal quando este é umedecido, assim, o caráter animista é relacionar a ferrugem como um tipo de fungo que tem a capacidade de atacar diferentes metais quando este tem algum contato com a umidade. E ainda, conforme aponta Hesse e Anderson (1992), o oxigênio teria a capacidade de comer o metal, por isso, existia o desgaste de um prego após a oxidação, na qual quanto mais o oxigênio comesse o prego, mais fino ele ficaria e isso resultaria na diferença de peso quando se removesse a ferrugem do metal.

O quinto tema **Reação química compreendida de forma generalista**, incorporamos muitas evidências provenientes de dados de concepções de levantamento da literatura em que o conceito em estudo seria tratado de forma generalista. Assim sendo, propomos um tema em que qualquer processo seria uma reação química, e nessa, averiguamos a manifestação do compromisso epistemológico realista, na qual a reação química é explicada a partir de um realismo ingênuo em que o conceito é tratado por meio de explicações genéricas e com uma visão do senso comum.

Assim, no que concerne à categoria qualquer processo seria uma reação química, observamos que o compromisso epistemológico realista está bem relacionado a explicações do dia a dia. De acordo com Andersson (1986, 1990), e Hesse e Anderson (1992), muitos estudantes explicam o conceito de reação química a partir de vivências do cotidiano, substituindo regularmente materiais, energia e coisas de suas realidades por substâncias

químicas para tanto explicarem, quando parem fazerem ilustrações de uma reação química. Solsona, Izquierdo e Jong (2001), Machado Jr. Et al., 2005, Silva (2008) e Bernardelli (2014), entre outros, também ratificam o compromisso anteriormente citado, e defendem que a visão generalista o conceito de substância, elemento químico, transformações químicas e físicas, a mudança de fase da matéria e reação química como sendo conceitos iguais.

No sexto tema **Transformação química como afinidade e atração entre substâncias**, juntamos dados acertados pela história e filosofia da Ciência/Química e de estudos que envolvem a investigação de concepções informais os quais o conceito de reação química é alinhado as relações de afinidade e atrativas de substâncias. Assim, para esse tema, elaboramos três categorias, a saber: transformação química a partir da afinidade de seus materiais; transformação química acontece a partir de uma atração química, e por fim, reação química como atração de substâncias.

No que diz a respeito da primeira categoria transformação química a partir da afinidade entre materiais, verificamos a representação do compromisso epistemológico realista e do compromisso ontológico de processo, pois a transformação química é explicada a partir da existência de uma afinidade e da manipulação do homem, mas que em diferentes períodos da história apenas a partir da observação e em uma ótica não causal. Para Rooney (2019), na história da Química, a liga de cobre e arsênio eram formados por conta da afinidade entre essas substâncias por meio do aquecimento do mineral, e de modo semelhante o bronze com arsênio, todavia não se sabia explicar a transformação que ocorria, mas apontava-se a ocorrência por meio de uma afinidade entre elas.

A segunda categoria transformação química acontece a partir de uma atração química, identificamos o compromisso axiológico, em que a transformação química era relacionada a desejos e afetos de indivíduos. Segundo Hudson (1992), Maar (2008) e Yan e Talanquer (2015), tanto na história como trabalhos com estudantes, as transformações químicas são atreladas a atração e repulsa, como forma de demonstrar as afinidades químicas entre várias espécies por meio de relações com questões afetivas e desejos. E outros dois compromissos é o ontológico de processo e compromisso epistemológico substancialista, na qual a transformação química é gerada por um evento entre diferentes reagentes, tal visão de acordo com Duncan (1970) e Hudson (1992), ocorreriam em consequência da atração entre reagentes como uma ação de forças atrativas, ou seja, advinha dos próprios reagentes e fazia com que eles se atraíssem.

E a terceira categoria foi a reação química como atração de substâncias, nessa categoria, o conceito de reação química não é interligado ao de transformações, e constatamos compromisso ontológico de processo, uma vez que a reação química é posta como um processo

provocado entre substâncias. Assim, para Bolzan (1976), Duncan (1970) e Yan e Talanquer (2015) as reações químicas ocorrem devido à atração de partículas de diferentes tipos que resultam na combinação e formação de produtos.

No sétimo tema **Reação química como forma de classificação**, estruturamos informações vindas da história da Ciência/Química, de trabalhos de concepções informais, como também livros de Química na qual o conceito de reação química é expresso por meio de uma caracterização classificatória. Para esse tema, estruturamos duas categorias, quais sejam: transformações químicas a partir de uma classificação e reação química partir de uma classificação.

Em relação a primeira categoria transformações químicas a partir de uma classificação a partir de ideias advindas do contexto histórico, averiguamos o compromisso epistemológico racionalista, a partir de dados da história da Química, as transformações químicas seriam classificadas a partir de características específicas de cada processo. Esse tipo de classificação, segundo Hudson (1992), Maar (2008) e Grapí e Izquierdo (1997), foi difundida por meio das tabelas de afinidade, na qual vários pensadores de diferentes lugares e épocas buscavam reunir os atributos recorrentes de cada transformação química que tinham conhecimento, tais como calcinação, combustão, agregação, decomposição, e etc.

Na segunda categoria reação química partir de uma classificação, também registramos a manifestação do compromisso epistemológico racionalista, mas também do compromisso ontológico de processo em visões advindas de trabalhos do levantamento de concepções, como também de livros didáticos de Química, em que o conceito de reação química é difundido por meio de diferentes formas e processos de classificações. Para Atkins e Jones (2012), Kotz e Treichel Jr. (2009), Brown, Lemay e Bursten (2005), o conceito de reação química é enfatizado como reação de combustão, oxidação-redução, fermentação, ácido e bases, e etc. E essas informações são ensinadas, segundo Tsaparlis (2003), Kermen e Méheut (2008), Cheng (2018), entre outros, como processos para a identificação científica de variados procedimentos que são experienciados no contexto da Química.

No oitavo tema **Reação química a partir de representações**, incorporamos visões derivadas da história e filosofia da Ciência/Química, bem como de trabalhos de concepções informais e de livros de Química na qual evidenciavam reação química um conceito a partir de suas representações. Para esse tema, estruturamos uma única categoria que congrega diferentes perceptivas para o conceito de reações químicas tanto a partir de equações como representações.

A categoria proposta foi nominada de reações químicas como equações e representações, que se respalda no compromisso epistemológico racionalista em que concentra

o conceito de reação química a partir de ilustrações e formas de representar em uma ótica científica. De acordo com os registros em Bensaude-Vicente e Stegers (1992), Maar (2008), Crosland (2006), Atkins e Jones (2012), Kotz e Treichel Jr. (2009), Brown, Lemay e Bursten (2005) e Cheng (2018), entre outros, nos últimos séculos, a partir da efetivação da Química, enquanto Ciência, o conceito de reação química passou a ser expressivamente difundido como uma representação de equação, por exemplo, $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$, como também por meio de ilustrações, gravuras, desenhos, e etc, como forma de tornar o conceito entendível, e em muitos casos, a representação é a única informação concedida, o que implica dizer que esse compromisso é uma espécie de linguagem própria da Química que ganha significado em contextos diversos.

O nono tema **Reação química como algo sensorial**, inserimos concepções de estudos da Filosofia e maiormente a estudos de concepções informais, em que os indivíduos explicam uma reação a partir de ideias intuitivas e mediada por percepções superficiais, assim, se considera uma reação química mudanças químicas, como destruição, mudança de estado, desaparecimento ou deslocamento de substâncias, ou seja, a partir de observações macroscópicas sem que haja esforço para que isso seja realmente explicado de forma mais detalhada.

Por isso, identificamos uma categoria, intitulada de Reação química a partir de percepções e explicações intuitivas em que reações se encora em dois compromissos, o compromisso epistemológico substancialista, em específico do oculto, visto que reação química apresenta capacidade de se deslocar, mover-se e até desaparecer, conforme exposto nos estudos de Le Grand (1975) e Duhem (2002). E o compromisso realista, que transformações e reações químicas são explicados como mudança observável, e segundo Hesse e Anderson (1992), observava-se a mudança, mas sem saber outras informais mais profundas do processo, e como citam os autores até mesmo a ferrugem seria uma espécie de mudança de estado do ferro. E essa visão ingênua também é ratificada por Kermen e Méheut (2008), quando assinalam que as reações químicas são mudanças que podem ser observadas a partir do desaparecimento de uma substância em detrimento da formação de outras.

O décimo tema **Reação química a partir de evidências**, aliamos a dados procedidos da história e filosofia da Ciência/Química, livros didáticos de Química e de trabalhos de concepções informais os quais conglomeram registros do conceito de reação química por meio experimentos, mudanças e processos de modificações de substâncias. Nesse tema, propomos três categorias, são elas: transformações químicas estavam estreitamente relacionadas com a

experimentação; reações químicas a partir de mudanças de propriedades; e reações químicas processo de transformação de substâncias.

Em referência a primeira categoria transformações químicas estavam estreitamente relacionadas com a experimentação, observamos a emergência do compromisso epistemológico empirista, em que se discutia a transformação química com base em experimentos realizados de forma sistematizada, em alguns momentos históricos, usando técnicas rústicas e, em outros, técnicas sofisticadas. Esse compromisso, se ancora em fatos da história da Química (VIDAL, 1986, BENSAUDE-VICENTE; STEGERS, 1992), todavia é importante destacar que, inicialmente o caráter de experimentar se deu de forma mais sistemática nas ações de alguns alquimistas na ótica da alquimia ocidental, isso a partir do século XVI, mas tinha-se como foco as evidências concedidas pelas transformações da matéria, sem muito rigor ou complexidade.

No que tange à segunda categoria reações químicas a partir de mudanças de propriedades, essa se apoia também no compromisso epistemológico empírico e compromisso ontológico de processo, na qual a reação química é tratada como procedimento empírico a partir de correlações submicroscópicas. De acordo com Brown, LeMay e Bursten (2005) e Stockholm (2007), em uma reação química a molécula pode reagir diretamente com grupos de superfície e alterar as propriedades química das superfícies, como também as evidências da corrosão são causadas por produtos químicos, que provocam mudanças na superfície de contato, e o dano da corrosão pode ser reduzido a partir do ajuste da composição da superfície que é protegido por uma camada de óxido formado no ar.

Já a terceira categoria reações químicas como processo de transformação de substâncias, é ancorada em compromisso epistemológico racionalista e compromisso ontológico de processo, em que a reação química é conexa a uma visão científica para compreender dos processos de produção de novas substâncias por meio de evidências registradas principalmente em laboratório. Brown, LeMay e Bursten (2005), Atkins e Jones (2012), Kotz e Treichel Jr. (2009), ratificam que esses compromissos a reação química é percebida pela evidência, como o aparecimento de um fungo em um alimento por conta da alteração de temperatura da geladeira no processo de conservação de alimentos, bem como no uso de um catalisador, a partir de enzimas presente no organismo dos seres vivos, que podem aumentar a velocidade das reações bioquímicas no corpo humano, por exemplo, após o consumo de um determinado alimento.

O décimo primeiro tema **Reação química a partir da racionalização de seus parâmetros**, conglomeramos fatos que se baseiam na história e filosofia da Ciência/Química, de trabalhos de concepções informais, sobretudo, em livros didáticos de Química em que o conceito em discussão se restringe a formas de operacionalização e atividades práticas. Para

esse tema, elaboramos quatro categorias, a conhecer: transformações químicas a partir de quantificações; reações químicas a partir de descrições estequiométricas (pesos e medidas); reação química a partir de relações matemáticas de colisões e de velocidade; reação química a partir de seus resultados ou condições.

O que diz respeito a primeira categoria transformações químicas a partir de quantificações, essa traz o compromisso epistemológico formalista, na qual a transformação química é entendida a partir de relações quantitativas. De acordo com Quílez (2006) e Maar (2008), foi difundida a partir do século XVIII, quando o conceito de reação de ácido e base passou a ser expresso considerando a equivalência e cálculos das massas envolvidas. Além do mais, segundo Quílez (2006), uma reação química como a de esterificação, passou a ser tratada na Química como algo passível de ser quantificado e considerando as informações sobre as substâncias envolvidas e a medidas já demarcadas por diferentes estudiosos.

No tocante a segunda categoria reações químicas a partir de descrições estequiométricas (pesos e medidas), registramos os compromissos epistemológicos racionalista e formalista, bem como do compromisso ontológico de processo, já que a reação química passou a ser discutida a partir de uma visão científica alinhada a processos estequiométricos. Para Crosland (2006), Van Brakel (1997), Kotz e Treichel Jr. (2009) e Atkins e Jones (2012), fazer quantificações de reagentes e de produtos, e estabelecer o balanceamento simbolizam formas de explicarmos as reações químicas considerando as mudanças qualitativas e quantitativas que podem ocorrer a partir de possíveis alterações em coeficientes estequiométricos, dentre outros fatores.

No que concerne à terceira categoria reação química a partir de colisões e de velocidade, essa se ampara nos compromissos epistemológicos formalista e racionalista em que as reações químicas são compreendidas por meio de relações matemáticas. Para Van Brakel (1997), Cirino et. Al (2009), Kotz e Treichel Jr. (2007) e Brown, LeMay e Bursten (2005), esses compromissos se respaldam na teoria das colisões que buscam explicar a natureza das reações químicas através das colisões de moléculas e a partir de distintos aspectos probabilísticos considerando o (evento estático) e conectados às reações químicas como (processos dinâmicos). Além disso, esses compromissos nos ajudam a entender a natureza da velocidade das reações, as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, assim como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.

Por fim, sobre a quarta categoria reação química a partir de seus produtos ou condições, observamos que ela se baseia em compromissos epistemológicos racionalista e formalista, como também no compromisso ontológico de processo, na qual o conceito de reação química

é discutido em uma visão científica considerando as condições e mecanismos. Hudson (1992), Crosland (2006), Atkins e Jones (2012), nos dão suporte para compreender que esses compromissos têm bases na história e filosofia da Química, bem como em livros de Química, pois ajudam a entender o conceito de reação química a partir de questões de equilíbrio químico, como também a partir das relações entre temperatura e pressão de vapor. Além de que, permitem conjecturar probabilidades para determinar a quantidade de substâncias presentes em diferentes trabalhos práticos.

O décimo segundo tema **Reação química compreendida de forma pragmática**, o conceito de reações químicas é atrelado a valores de significação para a sociedade. Para esse tema, temos uma única categoria, denominada de reação química a partir de seu valor pragmático. Para essa categoria, evidenciamos a emergência de diferentes compromissos que se destacaram ao longo do processo de análise. Outrossim, quando se pensa em escala industrial, o conceito de reação química ganha uma importância a partir da relação custo/benefício, isto é, custo dos reagentes em comparação à quantidade e ao custo das substâncias obtidas (produtos) (ATKINS; JONES, 2012, KOTZ; TREICHEL JR., 2009).

Assim, para corroborar com a categoria reação química a partir de seu valor pragmático, inicialmente, destacamos o compromisso epistemológico na qual o conceito se enquadra uma ótica de tecnociência, dessa forma, a reação química é associada a seu valor pragmático na geração de produtos. Segundo Stockholm (2007), por exemplo, reações químicas em superfícies catalíticas trazem uma contribuição para as indústrias que produzem fertilizantes que são produtos utilizados na agricultura e pela agroindústria e contribuem diretamente na produção de alimentos para toda humanidade.

Outros compromissos que contribuem no entendimento da categoria supracitada são os compromissos axiológicos e o ontológico de processo os quais reúnem observações nas quais a reação química é alinhada à geração de produtos a partir de desejos e vontades humanas. Conforme Stavridou e Solomonidou (1989), a reação química seria o resultado da capacidade humana em modificar objetos e produtos considerando suas necessidades e demandas diárias.

Além disso, Vos e Verdonk (1987), Pfundt (1982), Rosa e Schnetzler (1998), Shumer (2004), argumental que as reações químicas possibilitam entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos. E de modo semelhante, Tsaparlis (2003) diz que, a reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos

químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro com intuito de limpar algo.

O décimo terceiro tema **Reação química relacionada a combinações**, englobamos ocorrências implicadas na história e filosofia da Ciência/Química, de trabalhos de concepções informais, como também em livros didáticos de Química. Nesse tema, organizamos três categorias, sendo elas: transformações químicas a partir de movimentos de átomos, e reação química como combinação, e reação química como resultado de colisões entre partículas.

A respeito da primeira categoria transformações químicas a partir de movimentos de átomos, destacamos os compromissos epistemológico racionalista e o ontológico de processo, logo, as transformações químicas são relacionadas a eventos, movimentos e reunião de partículas. Leicester (1975) e Maar (2008), discorrem que uma transformação química se gerava a partir do movimento dos átomos e diferentes direções, e quando se aproximavam formavam entidades maiores. Vidal (1986) e Maar (2008), também salientam essa visão emergiu no contexto histórico em que transformação química seria a partir da reunião de partículas, e essas partículas seriam os átomos que formavam a matéria.

No tocante a segunda categoria reação química como combinação, ilustramos os compromissos ontológico de processo e o epistemológico racionalista. Na qual o conceito de reação química é explicado em detrimento de um evento para a formação de algo. De acordo com Bolzan (1976), Duncan (1970), Partington (1989), Van Brakel (1997) e Duhem (2002), nesses compromissos o conceito de reação química é expressivamente relacionado como processo de combinações de partículas elementares. Além do mais, as múltiplas combinações entre os elementos de uma matéria primária, ocorriam por conta das distinções das formas e movimentos de suas partículas (BOLZAN, 1976, PARTINGTON, 1989).

Por fim, em relação a terceira categoria reação química como resultado de colisões entre partículas, identificamos os compromissos epistemológico racionalista e o ontológico de processo, que o conceito reação química ocorre por meio de interações a partir da teoria das colisões. Para Yan e Talanquer (2015) e Atkins e Jones (2012), as partículas submicroscópicas estariam em diferentes interações, e que uma reação química seria o resultado de colisões aleatórias entre os componentes.

O décimo quarto tema **Reação química relacionada às interações entre substâncias**, apontamos evidência assinaladas a partir de estudos acerca de concepções informais e em livros didáticos de Química, os quais relacionam o conceito em discussão a partir de colisões e diferentes tipos de interações entre substâncias. Parra esse tema, propomos duas categorias, a

saber: reação química ocorreria pela interação entre duas substâncias formando um produto; e reação química a partir de interações de substâncias a nível subatômico.

Sobre a primeira categoria reação química ocorreria pela interação entre duas substâncias formando um produto, essa se apoia também nos compromissos epistemológico racionalista e o ontológico de processo em que o conceito de reação química é resultado de eventos de interações entre substâncias. Assim, em diferentes estudos sejam da história, filosofia ou do ensino de Química (VAN BRAKEL, 1997, HUDSON, 1992, MORTIMER; MIRANDA, 1995, SOLSONA; IZQUIERDO, 2001, SOLSONA; IZQUIERDO; DE JONG, 2003, SILVA, 2008, YAN; TALANQUER, 2015, BOO; WATSON, 2001) o conceito de reações é muito difundido como resultado de interações de substâncias, e fica bastante atrelado ao contexto da Química, como forma de entender o resultado da reação entre o oxigênio com um metal, por exemplo.

A respeito da segunda categoria reação química a partir de interações de substâncias associada a um nível atômico-molecular, para ela apontamos os compromissos epistemológico racionalista e o ontológico de processo a partir de eventos que ocorrem em diferentes níveis de complexidade. Segundo Cheng (2018), Yan e Talanquer (2015), Boo (1998) e Van Brakel (2014), uma reação química envolve sistemas de núcleos (ou núcleo) e elétrons, pois é possível observar que existe uma mudança nos elétrons ao redor dos núcleos de oxigênio quando moléculas de oxigênio se tornam íons óxidos, por exemplo. E ainda, que em uma ótica atômica, as reações químicas seriam interações de entidades estruturais como moléculas, átomos e íons, que podem se tornar novas entidades químicas, assim elas podem ser expressas como processos submicroscópicos no qual durante a reação, por exemplo, de nitrato de cobre e prata seja possível considerar as trocas de elétrons que permitem com que a reação ocorra.

No décimo quinto tema **reação química associada a reorganização de átomos ou elementos**, juntamos fatos que emergem na história e filosofia da Ciência/Química, de trabalhos de concepções informais, e em livros didáticos de Química em que o conceito de reação química é discutido com base em diferentes rearranjos. Assim, nesse tema realizamos a proposição de uma única categoria nominada de reação química a partir de rearranjos.

Desse modo, para a categoria reação química a partir de rearranjos, arrolamos os compromissos epistemológico racionalista e ontológico de processo, os quais corroboram que o conceito em estudo ocorre a partir de processos de rearranjos que remetem a uma visão científica. Segundo Filgueiras (2004), Carine et al. (2015), Duncam (1970), Crosland (2006) e Stein (2014), Kotz e Treichel Jr. (2009), Mortimer e Miranda (1995), esses compromissos apoiam a visão de que a reação química é compreendida como um rearranjo de partículas, sejam

elas átomos, moléculas ou íons, no qual se estabelece um balanço de massa e energia entre reagentes e produtos.

E além disso, esses processos de rearranjos estão conectados a uma velocidade que dependem de diferentes condições, como temperatura e pressão, por exemplo, entre outros fatores. Para Atkins e Jones (2012), o entendimento da reação química por meio de rearranjos é uma forma de compreender a natureza submicroscópica da reatividade de reagentes para a produção de produtos.

E sobre o décimo sexto tema **reação química a partir de trocas energéticas**, verificamos que ele reúne visões provenientes da história e filosofia da Ciência/Química, de trabalhos de concepções informais, assim como de livros didáticos de Química em que a reação química é conectada a quantidade de calor, processos reversíveis e procedimentos que envolvem energia. Assim, nesse tema construímos duas categorias, reação química como processo que envolve quantidade de calor e energia; e reação química como processo reversível.

No tocante a primeira categoria reação química como processo que envolve quantidade de calor e energia, observamos que essa está embasada nos compromissos epistemológico racionalista e ontológico de processo, nos quais a reação química é um evento que envolve diferentes trocas energéticas. Segundo Brown, LeMay e Bursten (2005), Stockholm (2007) e Cheng (2018), o conceito de reação química está ligado diretamente a processos energéticos, como endotérmico e exotérmico, energia de ativação como formas de caracterizar e explicar a ocorrência de processo químico, pois na compreensão das reações químicas, se não houver energia suficiente, isto é, a energia mínima para quebrar as ligações existentes ela não irá ocorrer. Por isso, Boo (1996), Quílez (2006) e Cheng (2018) apontam que o conceito de reação química está expressivamente relacionado a mudanças entálpicas e entrópicas como formas de explicar a quebra de vínculos entre reagentes para formação de produtos, bem como na compreensão da ordem e estabilidade de uma reação química incidir. Assim, por exemplo, de acordo com Boo (1998), esses processos energéticos estão imbricados em diferentes estudos da Química, mas pode estar no dia a dia das pessoas para entenderem que os alimentos que contêm energia química que é transformada em energia térmica combinado a dióxido de carbono e água a partir da reatividade com o oxigênio.

No que concerne à segunda categoria reação química como processo reversível e irreversível, mencionamos também que ela é fundamentada nos compromissos epistemológico racionalista e ontológico de processo que explicam a reação química por meio da lógica da reversibilidade. Segundo Maar (2008), a perspectiva de reversibilidade está apoiada em diferentes registros da história da Química, que foi densamente acrescida a partir da

sistematização dos estudos de Boyle e tantos outros a *posteriori*, quando já se discutia que a reversibilidade de reações químicas, a partir do aquecimento do salitre (KNO_3) em presença de carvão poderia se obter nítro volátil (HNO_3) e nítro fixo (K_2CO_3).

Além do mais, para Grapí e Izquierdo (1997), Duhem (2002), Tsapalis (2003), Quílez (2006), Solsona, Izquierdo e Jong (2003), entre outros, apontam que a reversibilidade das reações químicas, está alinhada a fatores como calor e energia, e por isso, ratificam a importância de entender o conceito de reação química a partir de trocas energéticas, e isso deve ser bem aprofundado e discutido em contextos diversos para que ajude na compreensão do referido conceito.

Assim sendo, a partir da sistematização dos temas e respectivas categorias e compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos em torno do conceito de reações químicas, estruturamos a seguinte Matriz Semântica, conforme exposta no Quadro 5.

Quadro 5: Matriz Semântica para o conceito de reações químicas.

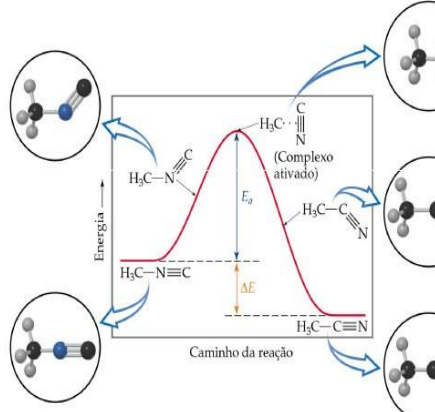
MATRIZ SEMÂNTICA PARA O CONCEITO DE REAÇÕES QUÍMICAS			
Temas	Categorias	Exemplos de compromissos	Identificação dos compromissos
Transformações relacionadas com a modificação dos materiais	Fogo responsável pela transformação de materiais e alimentos	O fogo por muitos anos se constituiu uma fonte de energia para a transformação dos materiais, sobretudo dos alimentos, no período paleolítico o homem aprendeu a transformar as coisas a partir do aquecimento.	Compromisso ontológico de processo. A transformação compreendida como procedimento passível de sequenciamento.
		O fogo seria a manifestação de uma transformação química considerando a combustão de materiais e a capacidade de formar produtos, mesmo de forma aleatória.	Compromisso epistemológico realista. Transformação a partir da ação do homem em manipular o fogo sem rigor técnico.
	As transformações associadas a uma tendência natural	A transformação, seria um processo na qual existia a atuação dos elementos de um corpo sobre os elementos de outro corpo fazendo com que ocorressem transformações por conta de um <i>mixis</i> que originavam novos estados da matéria.	Compromisso ontológico de processo. A transformação como um processo a partir da reação dos elementos fundamentais de materiais.

Transformações como ocorrência natural ou espontânea		As transformações a partir de três tipos de movimentos para os corpos, quais sejam: movimento natural, no qual cada elemento iria se orientar para seu lugar natural, por exemplo ao fogo em relação ao sol; movimento forçado, que seria influenciado por fatores externos e que de certa forma tenderiam a interferir no movimento natural; e, por fim, no movimento voluntário, que teria forte influência da ação de criaturas vivas.	Compromisso ontológico de processo. As transformações a partir de processos eventuais que aconteciam por causas naturais.
	Reações química como processos espontâneos	Reação de oxidação de alimentos, e esse tipo de reação química que ocorre naturalmente e leva o alimento a se decompor por conta da ação de microrganismos que podem ser vistos apenas por microscópio.	Compromisso ontológico de processo. Reação química ocorre a partir de eventos que ocasionam em reações que procedem espontaneamente.
		Reação química de decomposição ocorre a ação da microbiota, que contamina os produtos de frutas e é proveniente das condições da matéria prima, podendo ser influenciada tanto pelo processo de lavagem e condições higiênico-sanitárias dos manipuladores.	
	Transformação química como mudança por tendência natural	Transformação química como uma propriedade inata daquele material, não como resultado da interação com outros materiais.	Compromisso epistemológico naturalista. Transformação química como algo inato e com as características das substâncias originais.
		Transformação química ocorria através da quebra e formação de ligações químicas e afirmavam que o processo era conduzido pela tendência das partículas a se tornarem mais estáveis.	Compromisso ontológico de processo. Transformação química como evento natural e intencional.
Reação química como algo natural	Reação química ocorre por um processo natural, pois tudo vem da natureza e não é mecânico, como por exemplo, a luz do sol	Compromisso ontológico de processo.	

		como uma transformação química natural.	A reação química a partir de processos eventuais que aconteciam por causas naturais.
		Reação química é um fenômeno natural, como o amadurecimento de frutas, a deterioração das folhas das árvores, a ferrugem do ferro e o leite azedo.	
Transformações químicas relacionadas a forças místicas ou espirituais	Transformações a partir de alegorias e simbolismos.	As transformações da matéria eram consideradas como fenômenos biológicos nos quais a própria matéria era compreendida como algo vivo.	Compromisso epistemológico substancialista do oculto e do íntimo. Transformações associadas a características capacidades ocultas.
		Os metais podiam adoecer e também se curar, e o ouro era entendido como algo perfeito advindo do sol e que as transmutações dos metais ocorriam para retirar as imperfeições.	
	Transformações químicas a partir forças não naturais	Todas as substâncias seriam formadas pelos quatro elementos, e se transformavam a partir das forças, do Amor e do Ódio.	Compromisso epistemológico substancialismo do oculto. Transformações químicas atreladas a processos místicos e ocultos.
		Os espíritos, invisíveis por conta de sua natureza, tais como mercúrio, arsênico e enxofre, apresentariam uma ação sobre os metais, que permitia que eles se ligassem a diferentes corpos e se transformassem.	
Reação química compreendida a partir de características animistas	Transformação química a partir do apetite ou potência	Considerando que algumas substâncias não poderiam sofrer decomposição por conta da existência de um “apetite ou potência”, que fazia com que diferentes corpos químicos pudessem se unir.	Compromisso Epistemológico animista. Transformação química a partir de atributos humanos.
	Reação química como algo animista	A ferrugem como uma espécie química que aparece na umidade e fica no ar, e tem a capacidade de atacar algum metal quando este é umedecido, nesse sentido, a ferrugem é entendida por eles como uma espécie de fungo que ataca os metais. O oxigênio “comeria” o metal e depois do desgaste ficaria mais fino, como forma para explicar a diferença de peso quando se	Compromisso epistemológico animista. Reação química associada a características animistas.

		removesse a ferrugem de um prego.	
Reação química compreendida de forma generalista	Qualquer processo seria uma reação química	Reação química a partir de vivências do dia a dia, substituíam regularmente materiais, energia e coisas do cotidiano por substâncias químicas para explicar e ilustrar uma reação química.	Compromisso epistemológico realista. Reação química a partir de um realismo ingênuo na qual generaliza o conceito.
		O conceito de substância, elemento químico, transformações químicas e físicas, a mudança de fase da matéria e transformação química como sendo conceitos iguais.	
Transformação química como afinidade e atração de substâncias	Transformação química a partir da afinidade de seus materiais	A liga de cobre e arsênio era formada pela afinidade entre estas substâncias a partir do aquecimento do mineral utilizando carvão em uma atmosfera pobre em oxigênio, a partir da observação, e depois de um tempo confinado produzia óxido de cobre e na redução, cobre puro.	Compromisso epistemológico realista. Compromisso ontológico de processo. Transformação química a partir a afinidade; e manipulação do homem. Observação e interação acausal.
		Bronze com Arsênio, era produzido a partir da feitura de minérios extraídos em lugares diferentes, mas que mesmo assim não sabiam explicar o porquê estes minérios conseguiam reagir.	
	Transformações químicas aconteciam a partir de uma atração química	Relações de atração e repulsa por meio da exemplificação de pares de diferentes casais, como forma de demonstrar as afinidades químicas entre várias espécies.	Compromisso axiológico. Transformação química alinhada a desejos e afetos de indivíduos.
		Transformações químicas ocorriam em consequência da atração entre reagentes como uma ação de forças.	Compromisso ontológico de processo. Compromisso substancialista. Transformação química como processo gerado por um evento entre reagentes.

	Reação química como atração de substâncias	As reações químicas ocorrem devido à atração de partículas de diferentes tipos que levaram essas partículas a se combinarem.	Compromisso ontológico de processo. Transformação como processo gerado por um evento entre partículas.
Reação química como forma de classificação	Transformações químicas a partir de uma classificação a partir de ideias advindas do contexto histórico	Transformações químicas como calcinação, combustão, fermentação, agregação, composição, complexa, decomposição.	Compromisso epistemológico racionalista. Transformações químicas a partir de entendimentos de classificação a partir de características específicas de cada processo.
	Reação química a partir de uma classificação	Reação de combustão, de oxidação-redução/reações redox, de fermentação, de saponificação, de ácido e base, de decomposição, de neutralização Reação de saponificação é estruturada a partir da junção de um ácido graxo que são os óleos com uma base forte, e a partir do processo de aquecimento sofre hidrólise gerando glicerol e sal de ácido graxo.	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reações químicas a partir de entendimentos de classificação a partir de características específicas de cada processo.
Reação química a partir de representações	Reações químicas como equações e representações	Sódio + água → Hidróxido de sódio + hidrogênio (descrição por palavras) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$ (Equação esqueleto) $2 \text{Na}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$ (Equação química balanceada) Rearranjo da isonitrila de metila a partir do perfil de energia.	Compromisso epistemológico racionalista. Reação química a partir da ilustrada e representada cientificamente.

			
<p>Reação química como algo sensorial</p>	<p>Reação químicas a partir de percepções e explicações intuitivas</p>	<p>A reação química pode ocorrer como deslocamento, na qual uma das substâncias mudam de espaço físico, podendo desaparecer pelo simples fato de ter se deslocado; por exemplo, as gotas de água em uma mesa que saem de uma esponja molhada. Assim, a nenhuma propriedade das substâncias é alterada nesse tipo de transformação, sendo assim, a substância original é apenas deslocada e os átomos e moléculas formam uma espécie de revestimento.</p>	<p>Compromisso ontológico de processo. Compromisso epistemológico substancialista.</p>
		<p>Reações químicas são apenas mudanças químicas que podem ser observadas a partir do desaparecimento de uma substância em detrimento da formação de outras.</p>	
		<p>A ferrugem como sendo uma espécie de mudança de estado do ferro.</p>	<p>Compromisso epistemológico realista. Reação química como mudança, mas a partir de uma ótica ingênua e intuitiva</p>
	<p>Transformações químicas estavam estreitamente relacionadas com a experimentação</p>	<p>A partir dos alquimistas que a experimentação passou a ser feita com maior rigor, a partir do incremento de equipamentos e métodos para evidenciar o papel das substâncias nas transformações da matéria.</p>	<p>Compromisso epistemológico empirista. Transformação química com base em experimentos e sistematização técnica.</p>
	<p>Reações químicas a partir</p>	<p>Em uma reação química a molécula pode reagir diretamente</p>	

	de mudanças de propriedades	com grupos de superfície e alterar as propriedades químicas da superfície. A corrosão causada por produtos químicos, que também é muito percebida como a ferrugem, provoca mudanças na superfície de contato, e o dano da corrosão pode ser reduzido a partir do ajuste da composição da superfície que é protegido por uma camada de óxido formado no ar.	Compromisso epistemológico empírico. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir do entendimento empírico submicroscópico.
	Reações químicas processo de transformação de substâncias a partir de evidências	A reação química de conservação de alimentos acontece utilizando a refrigeração, pois as reações de bactérias ou fungos ocorrem de forma rápida à temperatura ambiente, contudo, essa ação é reduzida a partir da baixa temperatura existente em uma geladeira.	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química em uma visão científica para compreender a transformação de substâncias a partir de evidências
		Um catalisador tem a função de aumentar a velocidade de determinados mecanismos de reação, por exemplo, a fisiologia da maioria dos seres vivos depende da ação de enzimas, ou seja, moléculas de proteínas que atuam como catalisadores, aumentando as velocidades de determinadas reações bioquímicas.	
Reação química a partir de evidências	A reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro com intuito de limpar algo.	Compromisso axiológico. Compromisso ontológico de processo.	
	Transformações químicas a partir de quantificações	Reações de ácido e base a partir de pesos equivalentes e cálculo de massas de substâncias envolvidas.	Compromisso epistemológico formalista. Transformação química a partir de relações quantitativas.
		Reações de esterificação, uma vez que elas são mais lentas, com quantidades de cada substância	

Reação química a partir da racionalização de seus parâmetros		sempre altas e suficientemente passíveis de serem medidas.	
	Reações químicas a partir de descrições estequiométricas (pesos e medidas)	Se utilizarmos 10g de reagentes e se a reação converter completamente os reagentes em produtos, logo teremos que ter 10g de produtos, isto é, se os reagentes tiverem mil átomos de determinado elemento, esses mil átomos deverão aparecer de alguma maneira nos produtos.	Compromisso epistemológico racionalista e formalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de visão científica de processos estequiométricos.
		O balanceamento simboliza as mudanças qualitativa e quantitativa que ocorrem em uma reação química, e os coeficientes estequiométricos nos mostram os números relativos de mols dos reagentes e produtos que tomam parte na reação.	
	Reação química a partir de relações matemáticas de colisões e de velocidade	As colisões das moléculas, é explicada pela teoria das colisões na qual busca-se esclarecer os aspectos probabilísticos (evento estático) atrelados às reações químicas (processos dinâmicos).	Compromisso Epistemológico formalista e racionalista. Reação química a partir de relações matemáticas.
		Entender a natureza da velocidade das reações na qual aparecem as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, bem como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.	
	Reação química a partir de seus resultados ou condições	As reações químicas se dão para o entendimento do equilíbrio químico, no qual define a relação entre temperatura e pressão de vapor para vários processos químicos.	Compromisso epistemológico formalista e racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de condições e processos.
A quantidade das substâncias presentes no meio influenciava a direção de uma reação química.			
		Reações químicas em superfícies catalíticas que contribuem para as indústrias de produção de fertilizantes e a deterioração da camada de ozônio através de	Compromisso epistemológico, dentro de uma ótica de tecnociência.

Reação química como algo pragmático	Reação química a partir de seu valor pragmático	reações químicas nas superfícies dos cristais de gelo na estratosfera.	Reação química associada a seu valor pragmático na geração de produtos.
		Em escala industrial, a obtenção de substâncias ganha importância em relação ao custo/benefício, isto é, a quantidade e o custo dos reagentes em comparação à quantidade e ao custo das substâncias obtidas (produtos).	
		A reação química seria o resultado da capacidade do homem em modificar objetos e produtos a partir de suas necessidades e desejos.	Compromisso axiológico. Compromisso ontológico de processo. Reação química como produto de desejos e vontades humanas.
		Reações químicas ajudam a entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos.	
		A reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro com intuito de limpar algo.	
Reação química relacionada a combinações	Transformações químicas a partir de movimentos de átomos	Existe um movimento dos átomos em todas as direções, nas quais átomos semelhantes, ao se aproximarem formariam entidades maiores, mas não por interferência divina ou de forças não-naturais.	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Transformações químicas a partir de eventos e com uma visão científica mais incipiente.
		Transformação química, que seria a partir da reunião de partículas, e essas partículas seriam os átomos que formavam a matéria.	
	Reação química como combinação	Reação química, poderia existir a partir de combinações entre partículas elementares, para formar outras.	Compromisso ontológico de processo. Compromisso epistemológico racionalista.
Reação química a partir de múltiplas combinações entre os			

		elementos de uma matéria primária, ocorriam por conta das distinções das formas e movimentos de suas partículas.	Reação química em detrimento de um evento para formação de algo.
	Reação química como resultado de colisões entre partículas	As reações químicas seriam o resultado de colisões aleatórias entre os componentes.	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir da teoria das colisões que infere a uma visão científica.
Reação química relacionada às interações entre substâncias	Reação química ocorreria pela interação entre duas substâncias formando um produto	Um óxido como resultado de uma reação entre o oxigênio com um metal.	Compromisso epistemológico Racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de eventos de estre substâncias.
		Os materiais são constituídos de substâncias que são responsáveis pelas transformações ocorridas; exemplo disso é a formação do óxido, por conta da ação do oxigênio.	
	Reação química a partir de interações de substâncias a nível subatômico	Reação química como uma reconfiguração de sistemas de núcleos (ou núcleo) e elétrons, pois é possível observar que existe uma mudança nos elétrons ao redor dos núcleos de oxigênio quando moléculas de oxigênio se tornam íons óxidos.	Compromisso epistemológico Racionalista. Compromisso ontológico de processo.
		Transformação química ocorre por conta da transferência de elétrons ou alteração do número de oxidação das substâncias envolvidas.	
	As reações químicas a partir da ótica atômica, as entidades estruturais como moléculas, átomos e íons podem se tornar novas entidades químicas, assim elas podem ser expressas como processos submicroscópicos no qual durante a reação, por exemplo, de nitrato de cobre e prata seja possível considerar as trocas de elétrons que permitem com que a reação ocorra.	Reação química a partir de eventos em diferentes níveis	

<p>Reação química associada a reorganização de átomos ou elementos</p>	<p>Reação química a partir de rearranjos</p>	<p>Reação química pode ser entendida como um rearranjo de partículas, sejam ela átomos, moléculas ou íons, no qual se estabelece um balanço de massa e energia entre reagentes e produtos.</p> <p>Rearranjo como forma de entender velocidade e o balanço de massa e energia entre reagentes e produtos em uma reação química.</p>	<p>Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de processos de rearranjos que remetem a uma visão científica.</p>
<p>Reação química a partir de trocas energéticas</p>	<p>Reação química como processo que envolve quantidade de calor e energia</p>	<p>Reação química como processos endotérmico/exotérmico</p> <p>O processo de oxidação, a partir da química de superfície na qual observa interface gás-sólido, os reagentes da reação estão realizando as trocas de energia com moléculas vizinhas, é uma forma que fazer com que esse processo não ocorra de forma desordenada.</p> <p>Energia de ativação é muito importante na compreensão das reações químicas, pois é necessária energia suficiente, – a energia mínima para quebrar as ligações existentes durante uma reação química.</p> <p>Reações químicas como partículas está atrelada à mudança de entalpia da reação e pode ser considerada como resultado da quebra de vínculos entre parte de reagentes e a formação de produtos.</p> <p>Em uma reação o calor provocava o aumento da entropia do sistema e que, ao ter menos entropia, teria mais ordem e estabilidade para uma reação química incidir.</p> <p>Existem reações químicas, como por exemplo, alimentos que contêm energia química que é transformada em energia térmica combinado a dióxido de carbono e água a partir da reatividade com o oxigênio, assim tal fato advém</p>	<p>Compromisso Epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química como evento que envolve trocas energéticas.</p>

		da quebra de vínculos nos alimentos em vez da interação entre oxigênio e alimentos.	
	Reação química como processo reversível e irreversível	Reversibilidade de reações químicas, a partir do aquecimento do salitre (KNO_3) em presença de carvão poderia se obter nítro volátil (HNO_3) e nítro fixo (K_2CO_3).	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo.
		A reversibilidade das reações químicas, ocorrem a partir de fatores como calor e energia.	Reação química a partir de processos experimentais.

Fonte: Dados da pesquisa.

6.2 Proposta de zonas para o perfil conceitual de reações químicas

A presente proposta de perfil conceitual para o conceito de reações químicas nesta tese de doutoramento apresenta sete zonas, que correspondem a diferentes modos de pensar e formas de falar o referido conceito e que foram construídas a partir de domínios genéticos de Vigotski (WERTSCH, 1988), e de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos guiando-se pela metodologia de proposição de um perfil conceitual (MORTIMER; EL-HANI, 2014) e utilizando dados avindos de fontes secundárias da história da Ciência e da Filosofia da Química, bem como em pesquisas de levantamento de concepções informais na literatura e de livros didáticos de Química do Ensino Superior e publicações recentes concernentes ao tema em tela.

Primeiramente construímos uma Matriz Semântica, buscando sistematizar diferentes dados, organizando em temas, categorias, e identificação de distintos compromissos os quais corroboram a polissemia do conceito de reações químicas. Dessa forma, pudemos verificar diferentes significados que o conceito de reações químicas apresenta, a partir de registros em diferentes períodos da história da Ciência e em estudos de investigações sobre concepções informais dos estudantes de diferentes níveis.

Assim, a partir da matriz supracitada propomos diferentes modos de pensar e formas de falar abalizados em concepções pragmaticamente poderosas que permearam diferentes contextos científicos, históricos e culturais da humanidade, confirmando a importância do conceito de reações químicas para a Química, a comunidade científica e educacional, e também para diferentes setores da sociedade.

Vale salientar que a proposição de zonas, é uma forma de organizar a polissemia do conceito de reações químicas, mas elas não se configuram como algo único e imutável, pois pode ser revisto e revisitado a qualquer momento. No entanto, quando as zonas são construídas buscamos identificar por meio dos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos

significados que são consistentes tanto no emprego em um contexto científico, quanto cotidiano, que fazem parte da linguagem científicas e social, ou seja, tem um valor pragmático no discurso social, e se aplica a contextos diversos.

Na Figura 24, ilustramos as zonas do perfil conceitual para o conceito de reações químicas.

Figura 24: Zonas do perfil conceitual de reações químicas



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos verificar, Figura 24, propomos um perfil conceitual de reações químicas que compreende sete zonas representativas de modos de pensar e formas de falar que se aplicam a contextos diversos. Assim, as zonas transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança, reações químicas como algo vivificado, compreendem visões que se alinham ao senso comum e as vivências coloquiais das pessoas. As zonas reações químicas como um processo natural ou intrínseco dos materiais e reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades, apontam observações sobre os diferentes processos que ocorrem, mas ainda atreladas a explicações intuitivas e cotidianas. Já a zona reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades, abrange concepções que se aproximam do racionalismo científico, a partir de explicações que se baseiam em processos empíricos.

Por fim, as zonas reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais e reações compreendidas como modelo explicativo, estas reúnem visões conectadas a

modos de pensar pautadas no racionalismo, em que destacam concepções alinhadas ao conhecimento científico e científico escolar. Assim, a primeira zona, apresenta questões de valores pragmáticos e utilidade para as reações químicas, e a segunda, a partir de classificações, representações, e processos que envolvem detalhamento qualitativo, quantitativo e termodinâmico. A seguir, apresentamos uma discussão acerca de cada zona proposta para o perfil conceitual de reações químicas.

6.2.1 Transformações químicas associadas indiscriminadamente a qualquer mudança

A Zona 1 - Transformações químicas associadas indiscriminadamente a qualquer mudança - foi proposta a partir de dois temas nos quais as transformações dos materiais ou reações químicas são associadas a qualquer mudança ou modificação o que representa uma forma generalista de compreensão. Assim, essa zona reúne modos de pensar que emergiram em contextos diversos ao longo de vários anos, em que os indivíduos associam qualquer mudança observável a uma transformação da matéria. Do ponto de vista histórico, a ideia intuitiva e despreziosa de transformação vai sendo progressivamente investigada, compreendida e sistematizada até chegar ao conceito científico de reação química, em um contexto no qual a ciência se estabelecia como conhecimento socialmente legitimado. No entanto, as ideias de transformação e/ou reação química estão presentes nos tempos atuais, e muitas vezes se distinguem, mas em outras convergem para sentidos próximos, mesmo no contexto escolar ou acadêmico. Por exemplo, é comum o uso de expressões tais como, transformações ou fenômenos físicos e químicos, e os estudantes muitas vezes apresentam dificuldades em fazer distinção entre esses processos químicos e físicos, quando ambos são tratados a partir da observação visível de mudanças, classificadas de forma generalizada como transformações ou reações químicas.

Desse modo, as transformações são compreendidas a partir do que é observado nas vivências dos sujeitos, sem que seja feita qualquer distinção entre diversos processos, tais como, misturas de materiais ou substâncias, mudanças de estado físico, entre outros. Prevalece uma ideia vaga de que tudo se transforma. As ideias representativas dessa zona trazem implicado um compromisso epistemológico realista ingênuo, no qual prevalecem as percepções e sensações mais intuitivas (BACHELARD, 1996). Do ponto de vista ontológico, essas transformações aparecem como processo, um evento intencional ou aleatório (CHI, 1992), sem uma compreensão aprofundada sobre como esse processo ocorre. Esse é um terreno fértil para axiologias diversas que poderão ser vislumbradas em zonas apresentadas posteriormente.

É importante salientarmos que a proposição desta zona teve forte influência de dados vindos das fontes históricas, tendo em vista que durante vários séculos os registros históricos enunciam apenas o termo transformações, e apenas com o desenvolvimento da ciência e de investigações que lhes são próprias, há uma qualificação das transformações em tipos, ou seja, elas passam a ser nominadas de transformações químicas (ou físicas), e por fim, com a consolidação da ciência química, é proposta a expressão reações químicas (VIDAL, 1986, MIERZECKI, 1991, BENSUADE-VICENTE; STENGERS, 1992). Dessa forma, existe um significado generalizado, muito presente no discurso social sobre transformações dos materiais, pautado na capacidade de observação das pessoas que leva a uma compreensão superficial dessas transformações e que se tornam senso comum de que todas as mudanças visíveis ocorridas em um material são transformações ou reações químicas. Há um realismo ingênuo que, segundo Bachelard (1996), leva as pessoas a impressões intuitivas sobre o que é observado, sem uma preocupação em explicar o fenômeno e que enfatiza fatos do senso comum, com explicações imediatas, inconscientes e subjetivas.

Para Bachelard (1996), o realismo ingênuo favorece ideias generalistas relacionadas com as experiências pouco refletida dos indivíduos, e quando estes tentam elaborar explicações sobre algo, são evocadas preferências pessoais, vindas do inconsciente humano. Van Fraassen (2007) também salienta, que a visão do realismo preconiza a visão do senso comum, pois se guia por enunciados ingênuos que são valorizados pelos indivíduos, pois são impressões que para eles têm um significado. O autor também expõe que essa epistemologia traz à tona descrições generalizadas da realidade, a partir de relatos que povoam o discurso das pessoas quanto tentam explicar fenômenos ou situações sem buscarem definições ou teorias científicas. Para Tren (1974), Le Grand (1975) e Padeloup e Laugier (1994), do ponto de vista filosófico, a manifestação de que qualquer mudança seria uma reação química pode ser influenciada pela dificuldade de compreender e explicar os fenômenos externos, em que as mudanças físicas dos materiais sejam tratadas de forma indutiva, resultando assim, em dificuldades de explicação de fenômenos químicos.

Leicester (1975) destaca que Berthelot buscou estabelecer uma distinção entre transformação física e química, como forma de evitar interpretações equivocadas, ou até mesmo que a transformação química fosse compreendida como uma mistura ou mudança física. Ahtee e Varjola (1998) apontam que muitos estudantes da educação básica e da universidade não explicam adequadamente o conceito de reações químicas, entre outras, as concepções deles não apontam para diferenças entre transformações químicas e físicas no processo de ensino e aprendizagem. Solsona, Izquierdo e Jong (2001), Machado Jr. et al., (2005), Silva (2008) e

Bernardelli (2014), salientam que existe uma epistemologia generalista para o conceito de reações químicas, em que substância, elemento químico, transformações químicas e físicas, a mudança de fase da matéria e reação química são tratados como sendo conceitos iguais.

Diante do exposto, ressaltamos que a zona 1 proposta para o perfil conceitual de reações químicas é representativa de ideias que promovem a generalização do conceito quando os indivíduos expressam modos de pensar de forma irrefletida a partir suas experiências. O valor pragmático dessa zona está na possibilidade de que professores e estudantes, tendo consciência desses modos de pensar ingênuos, possam discutir formas mais sistematizadas e reflexivas de observar fenômenos e situações, em contexto de formação científica, fazendo articulações possíveis entre visões científicas e o senso comum.

6.2.2 Reações químicas compreendidas como processo natural ou intrínseco dos materiais

A Zona 2 - Reações químicas compreendidas como processo natural ou intrínseco dos materiais - foi proposta considerando os dois temas, nos quais as transformações químicas ou reações químicas são abordadas como processo que ocorrem natural ou espontaneamente, sem interferência dos indivíduos, ou sem levar em consideração a identificação e propriedades de reagentes e produtos. Há a percepção de que algum tipo de transformação química ou reação química ocorre sendo elas processos naturais ou espontâneos que ocorrem porque tem que ser assim. Não há interesse aparente de ir além dessa compreensão, por exemplo, com alguma investigação de causas ou mecanismos que expliquem essas transformações, sendo muitas vezes considerado que elas ocorrem por algo intrínseco dos materiais. Identificamos compromissos epistemológico naturalista e ontológico de processo, como evento natural, quando as ideias nessa zona representam uma compreensão de que as transformações ocorrem a partir de processos eventuais devido a causas naturais ou que se justificam por uma força/natureza própria do material e ocorrem espontaneamente. Esse modo de pensar não leva em consideração fatores químicos que influenciam na ocorrência de uma determinada transformação ou reação química, apenas perdura o entendimento do espontaneísmo natural.

Segundo Vidal (1986) e Maar (2008), a ideia de que as transformações químicas acontecem como tendência natural dos materiais nasce na filosofia grega, quando se considera que todas as coisas são formadas por quatro elementos e que cada elemento se moveria para o seu lugar natural de origem, por exemplo, o fogo tenderia a subir em direção ao sol, e a terra seguiria para baixo até o centro. Tais concepções influenciaram o entendimento de filósofos e estudiosos em diferentes períodos históricos. Com base nesses autores. Para Amaral (2017), a

ideia de transformação como processo natural, que historicamente foi associada a uma tendência da matéria ou a um lugar para o qual as coisas se movem, parece ainda se propagar em contextos escolares e socioculturais favorecendo uma compreensão de que uma reação química também ocorra naturalmente devido a qualidades intrínsecas à matéria. Essa é uma concepção comumente encontrada entre os estudantes (ANDERSON, 1990, ROSA; SCHNETZLER, 1995, MORTIMER; MIRANDA, 1995, MACHADO JÚNIOR et al., 2005, SILVA, 2008, DINIZ JÚNIOR; AMARAL, 2019A, 2019B, DINIZ JÚNIOR; AMARAL; SILVA, 2021 e outros).

Assim, para a Zona 2, nós identificamos uma epistemologia naturalista, relacionada ao naturalismo moderado, expresso por Kitcher (1998), em que as concepções dos indivíduos estão atreladas a crenças, que são internalizadas, e por isso quando buscam justificar ou tecer explicações alinhadas a um fenômeno, se ancoram em suas crenças e impressões culturais. Nesse sentido, a ocorrência de uma reação química é explicada a partir de uma tendência natural considerando um padrão lógico pautado em um entendimento de que todo material tem um ciclo de vida, e que as reações químicas resultam em mudanças nos materiais como parte de uma tendência natural que eles têm. Segundo Kitcher (1998), essa reflexão de lei natural, ocorre em uma ótica externalista do naturalismo moderado, i. e., as pessoas justificam suas percepções e se suportam em uma crença confiável, pautada no real, e não no ideal, para explicar os processos que o cercam.

Para Powers (2014) e Bolzan (1976), uma visão naturalista favorece a justificativa de que vários fenômenos ocorrem de forma natural e guardam parâmetros como uma velocidade de ocorrência, proposta por Aristóteles, na qual novos elementos seriam formados de forma lenta ou rápida dependendo da natureza intrínseca dos materiais. Para Duncan (1970) e Bolzan (1976), a concepção de tendência natural, também traz à tona a ideia de que as substâncias se combinam a partir de semelhanças, como um tipo de seleção natural para ocorrer uma reação química e resultar na formação de novas substâncias. Por isso, para Bolzan (1976), essa ideia emerge das visões aristotélicas quando se defendia a existência de ciclo de transformações que possibilitava os elementos reagissem a partir de suas qualidades em comum, e assim as transformações ocorriam e geravam novos materiais.

De acordo com Kitcher (1998), essas qualidades em comum que são atribuídas às substâncias para que elas reajam e formem novas substâncias não estão alinhadas a uma visão científica do processo de transformação, mas a crenças explicativas do real, ou seja, àquilo que as pessoas veem e confiam, e isso, se torna para os sujeitos uma explicação plausível. Por isso, no naturalismo moderado, o sentido externalista tem uma forte influência, pois as crenças

incorporam valores axiológicos que são próprios das pessoas para explicar algo que as cercam. De acordo com Duarte (2014), a reação de fermentação é um dos exemplos que emerge fala de estudantes quando eles associam a fermentação a um processo natural por meio do qual determinadas matérias primas orgânicas se transformam de forma espontânea. Esse processo natural faz com que elas produzam gases, alterem suas composições, e até mesmo se deteriore, sem a interferência do homem. Outros exemplos seriam, reação de oxidação de alimentos, como processo que ocorre naturalmente e resulta na decomposição do alimento por meio ação de microrganismos. E reação química de decomposição, na qual acontece a ação da microbiota, que contamina os produtos de frutas, podendo ser influenciada tanto pelo processo de lavagem e condições higiênico-sanitárias dos manipuladores, mas são compreendidos eventos naturais.

Diante do exposto, consideramos que a Zona 2 poderá contribuir para mapear ideias de estudantes que entrelaçam aspectos dos processos em uma visão científica com crenças que emergem no contexto sociocultural, possibilitando a distinção entre processos naturais e intencionais (artificiais). E contribuindo para promover uma compreensão mais ampla sobre reações químicas, como processos mais complexos que envolvem vários outros fatores, além das suas propriedades mais específicas.

6.2.3 Reações químicas tratadas como algo vivificado

Na Zona 3 - Reações químicas tratadas como algo vivificado – tivemos como suporte um tema o qual a descrição de reações químicas é feita a partir de características animistas. Dessa forma, o conceito de reações químicas é explicado a partir da atribuição de características animadas a reagentes, produtos, processos e mecanismos. De certa forma, as reações químicas são associadas a características humanas ou de seres animados. Identificamos um compromisso epistemológico animista, quando características de ser vivente são usadas para descrever ou explicar a ocorrência de transformação. Ontologicamente, essa transformação é considerada como um evento que ocorre por intenções e sentimentos semelhantes àqueles encontrados em seres vivos. Por exemplo, transformações cuja ocorrência é justificada pela presença de fungos, reagentes e produtos que têm “vontade” para interagir ou reagir, o que sugere a emergência de compromissos axiológicos quando afetividades humanas são transferidas para objetos inanimados.

Segundo Vidal (1986), Bensaude-Vicente e Stengers (1992) e Maar (2008), concepções animistas podem ter sua origem em ideias aristotélicas quando aspectos dos elementos

fundamentais são explicados a partir de características animistas. No entanto, essas ideias se estabelecem fortemente no período da alquimia, quando transformações dos materiais são associadas a predicados humanos, i. e., ocorre uma antropomorfização das transformações, sobretudo de transformações de decomposição, nas quais se acreditava que os materiais poderiam perder a vida, ou comer outros materiais, por exemplo. Vidal (1986) ratifica que, no período da alquimia, não existia uma forma de diferenciar as características vivas das inertes, e alquimistas ou curiosos faziam inferências sobre as coisas e os fenômenos usando o princípio da vida.

Vidal (1986) também destaca que havia a crença de que muitas transformações químicas ocorriam, porque existiria um apetite entre as substâncias, que as faziam se unir, e gerar novas substâncias. Dessa forma, eram atribuídas a diferentes entidades químicas características animistas para descrever ou explicar as transformações ocorridas. De acordo com Bachelard (1996), essa visão vivificada sobre as coisas está vinculada ao animismo, por meio do qual a compreensão de reações químicas pode estar conectada a fenômenos biológicos. Para o autor, no pensamento animista, é feita uma inversão na lógica das explicações científicas, uma vez que atributos biológicos são utilizados para explicar outros fenômenos, tais como uma reação química. Bachelard considerava que, mesmo com o desenvolvimento científico, as concepções animistas continuavam a existir, quando o sujeito externaliza suas experiências a partir do seu inconsciente.

Segundo Duncan (1970), na epistemologia do conceito de reações químicas, os sujeitos ao explicarem as combinações químicas, por exemplo, atribuíam às substâncias características de simpatia ou antipatia, princípios de amor e discórdia e afeição entre elas. Assim, a epistemologia animista tem forte predominância no discurso social, tendo em vista a inserção de atributos humanos, afetos e desejos conferidas a reagentes e produtos para explicar uma reação química. Stavridou e Solomonidou (1989), Mortimer e Miranda (1995), apontaram que muitos estudantes evocam concepções animistas em sala de aula, e atribuem capacidades dos seres vivos às substâncias, tais como, como ter familiaridade para “gostar” e/ou “rejeitar” outras substâncias ou materiais. De modo semelhante, Machado Jr. et al. (2005), Silva (2008), e Yan e Talanquer (2015) ratificam a ideia animista aludida anteriormente, e afirmam que estudantes conferem às reações químicas alguma capacidade (propriedade antropomórfica) das substâncias de se transformarem, por exemplo, o oxigênio “comeria” o metal que, depois do desgaste ficaria mais fino, como forma para explicar a diferença de peso quando se remove a ferrugem de um prego.

A Zona 3 se situa no entendimento de que as reações químicas muitas vezes são descritas ou explicadas pelas pessoas fazendo uso de suas experiências, crenças inconscientes e atribuindo características vivificadas aos processos. Essa zona pode contribuir para discussões sobre as convergências e divergências entre conhecimentos objetivo e subjetivo, buscando situar uma visão científica sobre as reações químicas em meio a possíveis crenças e/ou interpretações subjetivas que alguns fenômenos possam suscitar. Nesse sentido, parece criar um campo fértil para discussões epistemológicas sobre ciência, não ciência, pseudociência, crenças, entre outros.

6.2.4 Reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades

A Zona 4 - Reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades - reuniu três temas que retratam algumas explicações dadas para a ocorrência de reações químicas, tais como, afinidade e atração entre substâncias, algo de ordem sensorial, e relacionadas a forças místicas ou espirituais, a partir dos quais há o reconhecimento das transformações químicas, entretanto as explicações ficam atreladas a percepções intuitivas, ou até mesmo a características ocultas e afetivas. Nesse sentido, as reações químicas são compreendidas a partir de características sensoriais e intuitivas determinadas por observação superficial de aspectos como bolhas/fumaça/gases, cor, aquecimento, emissão de sons, aparente destruição, desaparecimento ou deslocamento de materiais ou substâncias. Muitas vezes, as mudanças observadas são atribuídas à afinidade entre substâncias ou materiais, com um sentido de afetividade, mas em uma ontologia de processo interativo, ainda que as interações sejam pouco compreendidas. E, em outras vezes, essas transformações são associadas a poderes místicos ou espirituais que promovem alterações nos materiais, o que parece se alinhar a uma ontologia abstrata na qual prevalece um estado mental emocional. Quanto aos compromissos epistemológicos, predominantemente identificamos uma epistemologia realista ou realista ingênua. De forma realista, a transformação química é considerada como um processo que ocorre por causa da afinidade ou atração entre substâncias, uma ideia inferida da observação e pela percepção de que ocorre interação entre as partes. A compreensão do processo parece evoluir de uma ontologia de evento aleatório para um evento guiado por interação natural, contudo, a ideia de afinidade muitas vezes parece relacionada a um compromisso axiológico que evoca desejos e afetos próprios de indivíduos e não de processos. Sob um compromisso realista ingênuo, a reação química é descrita a partir de percepções sensoriais vindas de observações macroscópicas e é tratada como uma mudança ou modificação do material, pautada

em uma visão ingênua sobre o que é observado e sobre a natureza do material. Por fim, essas manifestações de sentidos e afetividades convergem para um substancialismo do oculto, quando as transformações são associadas a sentimentos místicos e crenças, e os materiais parecem guardar propriedades ocultas.

De acordo com Mierzecki (1991) e Maar (2008), as observações e explicações sensoriais foram ações muito praticadas por filósofos e estudiosos de fenômenos da natureza, e por isso, variadas transformações são associadas a sensação, por exemplo, reações exotérmicas, em que ocorre o processo de aquecimento, e nessas as explicações ficam atreladas a ilustrar formação de bolhas, mudança de coloração, ou até mesmo a identificação de precipitado, mas as inferências acerca destes exemplos, ficam alinhadas a um entendimento intuitivo, na qual não há um esforço para explicar o processo em uma visão científica. Nesse sentido, a compreensão do conceito de reação química fica balizado por uma dimensão sensorial, restrito a observações macroscópicas, sem tecer explicações para os processos ou até mesmo para os constituintes da reação química. De acordo com as contribuições de Mierzecki (1991), para essa zona existe elementos de valorização da prática experimental, todavia, as impressões externas é que prevalecem, ou seja, o entendimento a partir de cores, sons, luz, umidade. Além disso, quando os indivíduos são indagados, discorrem que está ocorrendo uma espécie de deslocamento dos reagentes, ou simplesmente desaparecem ou se destroem durante o processo, ou seja, não ocorre uma generalização para explicar a reação química, mas sim um direcionamento de explicações intuitivas significadas pela percepção.

A percepção é crucial para o entendimento, sendo importante o registro de cores, mudança físicas, e outros parâmetros pelos sujeitos para visualizar e analisar reações químicas, no entanto, o uso exclusivo da percepção e dos sentidos não é suficiente para a compreensão desse processo. Por exemplo, podemos encontrar uma explicação intuitiva para a reação de oxidação do ferro, sendo a ferrugem considerada como sendo uma espécie de mudança de estado do ferro” (MORTIMER; MIRANDA, 1995). Segundo Putnam (1995), a percepção engloba inferências que são construídas pelos sujeitos e o resultado de uma interpretação com base nessa experiência perceptiva pode informar ou desinformar sobre o objeto percebido. Na observação de fenômenos, muitos estudantes ficam confusos quanto à ocorrência ou não de uma reação química, se eles não visualizarem a formação de um precipitado, mudança de coloração, mudanças de estado físico. No entanto, mesmo quando observam evidências de reação, isso não é suficiente para que elaborarem explicações plausíveis para a ocorrência das reações e alguns apontam que houve destruição, deslocamento ou desaparecimento de substâncias ou materiais na reação química (ANDERSON, 1990). Com isso, e o sujeito não

consegue justificar o que de fato aconteceu e isso abre espaço para interpretações subjetivas, com base em impressões pessoais e intuições. Dessa maneira, percebemos que os indivíduos tentam tecer explicações acerca das transformações, mas se restringem a uma abordagem superficial, limitada pela interpretação sensorial, pouco sistematizada.

Van Fraassen (2007) afirma que na epistemologia realista, as relações do que é observável é descrito a partir do que é externo, e por isso, é passível de interpretação, mesmo que elas estejam em contradição com a linguagem científica. Para o autor, essa forma de enunciação dos fatos está ligada à crença de que a forma com que ele interpreta o observável seja uma verdade, mesmo que os detalhes não sejam claros e estejam pautados em percepções ingênuas. De acordo com Le Grand (1975) e Duhem (2002), a concepção de reação química como desaparecimento e destruição, ratificam o direcionamento de deduções intuitivas e submicroscópica, em que as percepções macroscópicas é que prevalecem. Além do mais, isso também significa que existe a probabilidade de regeneração e que os predicados que a determinam não pertencem apenas ao corpo como um todo, mas também a cada parte.

De acordo com Stavridou e Solomonidou (1989), Andersson, 1990, Hesse e Anderson (1992) e outros estudos, os estudantes compreendem reações químicas a partir de ideias tais como destruição/ desaparecimento/deslocamento de substâncias, que pode ser total ou parcial, e que quando elas ocorrem podem ser verificadas a partir da mudança de cores, formação de precipitado, bolhas e etc. Além disso, segundo Bernardelli (2014), Machado Jr. et al. (2005), Silva (2008), Kermen e Méheut (2008), para muitos estudantes, as reações químicas são mudanças químicas que podem ser observadas a partir do desaparecimento de uma substância em detrimento da formação de outras, e que eles não conseguem explicar se um reagente permanece presente após a troca do sistema, enquanto a seta de representação de uma reação implica no desaparecimento de todos os reagentes.

Nesta zona, é também identificada uma epistemologia substancialista, com conotações do substancialismo da qualidade evidente, do oculto e do íntimo quando, na ocorrência de uma reação química, existe uma ênfase dada a características que são ocultas, por exemplo, atração e repulsa, para explicar a afinidade ou atração de substâncias, como também, poderes ou virtudes ocultas, como atribuir a deuses, alegorias e espíritos invisíveis a responsabilidade de metais ou diferentes substâncias se transformarem. Segundo Bachelard (1996), o substancialismo se baseia em valores que são dados pelo realismo, mas o substancialismo se fundamenta na disposição de qualidades diversas para as substâncias, seja na qualidade evidente, na qual se detém a superficialidade, ou qualidade do oculto e do íntimo, atributos que não são evidenciados acerca das substâncias, que diz respeito a características profundas para

elas, como poderes e virtudes ou capacidades desconhecidas de se transformar. Assim, o substancialismo leva os indivíduos a se dedicarem a compreender as distintas qualidades, nesse caso, as reações químicas, que pode ter uma atribuição clara evidente, por meio das percepções do resultado macroscópico, mas também do íntimo ou do oculto, o surgimento de revestimento em uma reação de deslocamento, poderes místicos, a afinidade e atração que fazem com que as substâncias sintam “atraídas” de reagir e formar outras substâncias.

No contexto histórico, de acordo com Leicester (1975), algumas substâncias, como o enxofre, eram responsáveis pela sua própria transformação, e que tinha a capacidade de movimentar-se em torno de diferentes sólidos, e essa capacidade de movimentação permitia o deslocamento de partículas, e que se caso o enxofre entrasse em contato com o ar, ele agiria como um transportador de partículas, e que elas seriam as responsáveis pelas reações químicas. Powers (2014), também aponta que alguns solventes seriam capazes de possibilitar o deslocamento de sais a partir de um tipo de atração com a água do ar. Stavridou e Solomonidou (1989) e Kermen e Méheut (2008) apontam estudantes que associam uma reação química a evidências como mudanças de cores, e acreditam que, durante essas mudanças, as substâncias sofrem modificação morfológica. Outra característica oculta encontrada no entendimento sobre reações químicas é que elas poderiam acontecer pela ação de divindades, poderes sobrenaturais e alegorias. Segundo Hudson (1992), esse tipo de concepção nasce entre os alquimistas, ao conferirem aspectos sobrenaturais para uma transformação, em que justificam a ocorrência a partir de poderes místicos que os alquimistas pleiteiam.

Bowles (1975) e Powers (2014), também expressam que as substâncias teriam virtudes, poderes ou forças as quais fariam com que se transformassem, e que esses poderes que estariam relacionados ao tamanho, forma e textura de seus corpúsculos. E ainda que os corpos sensíveis compostos de um vasto número de partículas, quando postos em movimento se transformavam durante a operação produzindo uma infinidade de efeitos impossíveis de serem determinados. Por exemplo, a fermentação seria causada por uma operação de alguma matéria ácida ativa, que ratifica exaltações e sutilezas as partículas moles e sulfurosas que a ideia de matéria ácida ativa leva a noção de poderes aos materiais que seriam ativas e que se transformavam a partir de seus poderes.

Da mesma forma que na Zona 3, a Zona 4 poderá contribuir para discussões sobre as subjetividades, crenças e místicas que muitas vezes permeiam a compreensão da transformação de substâncias e materiais e, soma a isso, aspectos da percepção dos fenômenos a partir de evidências sensoriais que também vêm associadas a outras afetividades. Essas dimensões podem ser exploradas a partir de contrapontos históricos e filosóficos

6.2.5 Reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades

A Zona 5 - Reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades, teve como o tema 10 na reação química a partir de evidências, englobando concepções que compreendem as reações químicas a partir de procedimentos experimentais, técnicas analíticas, ou seja, evidências empíricas. Assim, as reações químicas são explicadas a partir evidências empíricas – alteração de coloração, produção de gases, formação de precipitado a partir de procedimentos práticos, mudanças nos reagentes e/ou produtos, formação de produtos, aquecimento ou resfriamento do recipiente em que ocorre, e por mudanças de propriedades em componentes do sistema. Isso se alinha a uma visão científica do conceito, sendo privilegiada a dimensão empírica sobre essa visão. Ainda na referida zona, observamos relações com um compromisso epistemológico empirista, na qual as reações químicas podem ser caracterizadas por parâmetros determinados na prática. Nessa zona a compreensão das reações química se aproxima de uma visão científica racionalista, no entanto, está pautada predominantemente em parâmetros empíricos, ou mudanças de propriedades. Além do mais, se pauta em um compromisso ontológico de processo, uma vez que compreende a reação química como um conjunto de processos que envolve a interação natural ou artificial entre substâncias.

Para Vidal (1986), Mierzecki (1991), Bensaude-Vicente e Stegers (1992), a valorização das evidências em uma ótica experimental nasce na alquimia, na qual as transformações químicas eram sistematizadas em técnicas rudimentares, mas concernentes ao período. Com o passar dos anos, várias técnicas foram se aprimorando e a partir do século XVII as evidências empíricas eram associadas a reconhecimento de propriedades e também de aspectos qualitativos. Bensaude-Vicente e Stegers (1992) e Maar (2008) expressam, que o caráter empírico que também emergiu no século XVIII, influenciou de forma profunda o modo de pensar em discussão, considerando a importância dos estudos de Boyle, nos quais se destacavam a necessidade de estabelecer relações quantitativas para se conhecer fenômenos químicos e os constituintes das substâncias compostas. Para os autores, a partir desse período histórico, houve de fato uma busca sistemática para tentar racionalizar o conceito em tela, relacionando as evidências a partir de técnicas para explicar a existência de interações entre duas ou mais espécies químicas, e sistematização de reações a partir de procedimentos experimentais. Assim, diferentes reações químicas, como de combustão, ácido-base, de esterificação, dentre outras, passaram a ser expressas em uma ótica prática, considerando a

equivalência e cálculos das massas, e analisando as informações sobre as substâncias envolvidas e a diferentes medidas para que estas pudessem ser reproduzidas.

Desse modo, a zona em discussão se fundamenta em uma epistemologia do empirismo, em que segundo Bachelard (1996), é caracterizado pela utilização de aparatos, de artifícios e fórmulas que permitem compreender fenômenos a partir de aproximações e interpretações científicas. Para o autor, nessa epistemologia os axiomas, procedimentos e experiências buscam validar, de alguma forma, a cultura científica, e por isso, supõe o uso de instrumentos e técnicas. Essa visão de Bachelard, ajuda diferenciarmos as atividades dos alquimistas, que usavam da experimentação alinhado à alegorias, reflexões indutivistas, entre outras, das a atividades dos cientistas modernos que valorizam o uso da técnica e de diferentes instrumentos. Norman (1998) também salienta, que a epistemologia do empirismo, deve também compreender, que não deve se restringir ao caráter de instrumentos e técnicas, mas a compreensão da natureza como aquisição do conhecimento, e assim, considerar o empirismo em uma ótica epistêmica, como forma de construção conceitual. Assim, é preciso olhar para os procedimentos das reações químicas, e tecer inferências sobre o que está sendo executado, para que a prática tenha um respaldo teórico, por exemplo, não é simplesmente mencionar sobre a queima da madeira e como proceder no processo de queima, mas compreender empiricamente o processo de combustão e as características inerentes ao procedimento. Van Fraassen (2007), também ratifica a ótica epistêmica a partir da epistemologia do empirismo construtivo, em que é preciso reconhecer a importância dos componentes teóricos da Ciência e atribuí-los nas interpretações, no sentido de aprimorar o entendimento acerca do que está sendo posto em discussão. Na nossa visão, não se deve apenas focar no evento da reação química, mas compreendê-la e relacioná-la aos pressupostos teóricos da Ciência, se for colocado em discussão uma reação de ácido-base, torna-se cabível compreender os diferentes procedimentos, e também a teoria de ácido e base, e demais informações que possam contribuir com a discussão. Vale ressaltar que, segundo Van Fraassen (2007) o empirismo construtivo evita o instrumentalismo, e valoriza os modelos que podem explicar os fenômenos. Mas para essa zona, considerando a abrangência de procedimentos que envolvem as reações químicas, tanto iremos compreender a importância da utilização de técnicas e de diferentes instrumentos, ao mesmo tempo que entenderemos em uma ótica epistêmica como forma de construção conceitual.

Para Trenn (1974) e Le Grand (1975), o conceito de reação química é articulada a processo teóricos e práticos a partir da observação de mudanças que passam pelo controle e crivo do experimentador, com a finalidade de verificar evidências que possam explicar diferentes tipos de reações. Além disso, segundo Le Grand (1975), desde os estudos de Boyle,

Lavoisier e Laplace, é necessário ir além da observação externa, i. e. das modificações que podem ser percebidas, e refletir sobre processos de atração molecular, que teriam a influência da temperatura, entendimentos sobre a influência do calor para se compreender fatores internos e externos para as reações químicas. King (1984) também coloca que por meio da identificação de fatores e evidências de uma reação química, é possível estabelecer implicações quantitativas, como fora realizado por Ludwig Wilhelmy, exposto na publicação de 1850, acerca da velocidade de inversão da sacarose considera as a técnica e a taxa de hidrólise da cana-de-açúcar buscando colocar um significado para as reações químicas a partir do procedimento, evidências e controle experimental. E Plesch (1999), menciona que a visão empírica, ela é muito importante para o conceito de reação química, pois permite não se restringirmos as mudanças, mas também por meio das leituras dos instrumentos para explicar os fenômenos. A autora ratifica que essa forma de compreensão conceitual da prática empírica é uma forma de promover um entendimento sobre os procedimentos que executamos, e estabelecermos um controle, rendimento, mas também compreender que o uso de técnicas e de diferentes instrumentos não é uma verdade imutável, e sempre estarão sujeitos a problemas e limitações.

Para Cheng (2018), muitos estudantes tem dificuldades de compreender de forma epistêmica um processo empírico, no entanto, conseguem identificar a formação de produtos, os procedimentos para aquecimento ou resfriamento de recipientes, bem como compreendem que a prática experimental das reações químicas envolve partículas que estão atreladas à mudança de entalpia que podem provocar quebra de ligações entre parte de reagentes para a formação de produtos. E Ahtee e Varjola (1998), Boo e Watson (2001) também apontam a dificuldades de muitos estudantes, mas destacam que as evidências ajudam na compreensão do conceito, tendo em vista que a alteração de colocação, mudanças nos reagentes e produtos, e produção de gases vistos na prática os ajudam a identificar fatores que podem explicar a ocorrência de diferentes reações químicas.

Assim sendo, compreendemos que a Zona 5 poderá contribuir para o processo de ensino e aprendizagem para identificar concepções de estudantes atreladas processos experimentais do conceito em tela, possibilitando a compreensão de procedimentos práticos, e no entendimento explicativo de mudanças em reagentes e/ou produtos, e no uso de sistemas de aquecimento ou resfriamento e mudanças de propriedades em componentes de diferentes sistemas.

6.2.6 Reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais

A Zona 6 - Reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais, reuniu apenas um tema, o qual a reação química foi explicada como algo pragmático, em que situamos concepções que envolvem uma valorização das reações químicas para a sociedade, ciência, e que podem alcançar de alguma forma a vida das pessoas. Assim, as reações químicas compreendidas como processos que podem ser úteis para a sociedade por produzirem materiais, artefatos e bens de consumo importantes para a vida e o desenvolvimento científico e tecnológico. No entanto, são feitas ponderações sobre benefícios e riscos causados pelos produtos de reações químicas e pelo uso indiscriminado de recursos naturais para a transformação em produtos e bens de consumo. Na Zona 6, observamos que ela apresenta compromisso epistemológico pragmatista, na qual compreende o conceito de reações químicas em uma perspectiva da química como tecnociência. Dessa maneira, a reação química é abordada a partir do seu valor pragmático, ou seja, da transformação de materiais e substâncias para a obtenção de produtos que têm valor para o desenvolvimento científico, tecnológico e social. Além do mais, há também um forte compromisso ontológico de processo e um compromisso axiológico no que se refere a avaliar se os produtos são benéficos ou maléficos para a vida e o ambiente.

Para Mierzecki (1991), em diferentes períodos da história da Ciências, as reações químicas foram utilizadas a favor da humanidade, e aplicada de diferentes formas. Para o autor, à elaboração de sistemas de reações na obtenção de substâncias para serem utilizadas em fábricas e artigos de comércio foi passo gigantesco para que assim, as discussões que faziam parte de um grupo seletivo de estudiosos, chegasse à sociedade, por meio de aplicações da Química na medicina e indústria. Diante disso, as aplicações das reações químicas a partir do desenvolvimento industrial, possibilitou que a construção de um entendimento de que elas tinham um valor pragmático, como algo útil e importante para a vida das pessoas, e se deu de fato, a partir da produção de medicamentos, com o objetivo de salvar vidas e curar diferentes enfermidades, bem como na produção de produtos domésticos.

Nessa perspectiva, essa zona se apoia em epistemologia pragmática, que segundo Dewey (1929) e James (2005), é necessário ir além dos aspectos científicos, e é necessário compreendermos que a Ciência deve ser útil para a humanidade. Para James (2005), essa epistemologia valoriza o olhar racionalista, mas também pensa em como a Ciência pode contribuir com o desenvolvimento social. Dewey (1929) também aponta que na ótica do pragmatismo, o conhecimento científico é muito importante, pois permite estabelecer um paralelo entre Ciência e realidade, na qual pode promover uma consciência esclarecida quando os sujeitos conseguem estabelecer aplicações do conhecimento científico, ao mesmo tempo que

reflete sobre o cotidiano, e demandas socioculturais. Para o autor, a Ciência, tem a capacidade de elaborar e aplicar técnicas que se resultam em implicações diretas na vida das pessoas. Por isso, Mortimer, Scott e El-Hani (2011), apontam que pragmatismo filosófico, realmente valoriza a eficácia da aplicação prática a partir de uma visão de pragmatismo objetivo. Para os autores, segundo Rescher (1995 apud MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2011), o pragmatismo objetivo estima pelo tratamento da relação entre conhecimento e realidade, conforme também defendido por Dewey (1929).

E também Echeverria (1995), aponta que o conhecimento químico tem um respaldo para a sociedade a partir de implicações sociais, ambientais, e etc, uma vez que além de produzir conhecimentos para entender e explicar o mundo, ela pode promover ações práticas que podem mudar as atitudes dos sujeitos sociais. E Freire (2017), assinala que o conhecimento químico carrega questões complexas na relação entre Ciência e Sociedade, tendo em vista que suas variadas aplicações, seja na indústria química ou em outros setores, impacta a vida das pessoas por diferentes fatores socioculturais. Nesse sentido, quando pensamos nas reações químicas, aplicadas em diferentes setores de produção, o conceito de reação química ganha uma importância a partir da relação custo/benefício, isto é, custo dos reagentes em comparação à quantidade e ao custo das substâncias obtidas (produtos), e de modo semelhante, na produção de rapadura, na qual as reações químicas, quando executadas corretamente, resulta em lucros, a partir das aplicações corretas de reagentes até o caldo de cana ser transformado em rapadura de cana-de-açúcar. E por conta disso, Echeverria (1995) e Freire (2017), confirmam o caráter axiológico que os conhecimentos possuem, pois de certa forma, ganham valores afetivos, à medida que atendem as necessidades humanas, assim como econômicos, por meio de aplicações práticas. Nesse sentido, as reações químicas, tem, portanto, um fim pragmático, sejam na produção de produtos domésticos, farmacêuticos, alimentícios, pois produzem conhecimento que se aplicam tanto na Ciência, quando na Sociedade, para atender demandas e desejos das pessoas, assim como podem trazer riscos.

Shumer (2004), expressa que entender as reações químicas significa compreendê-las a partir de suas aplicações para entendimentos em sistemas complexos, na qual a natureza submicroscópica, ao mesmo tempo que deve ser compreendida, deve estar entrelaçada com as percepções dos cientistas e de seus significados para a sociedade. Para que assim, não se detenha a meras representações, equações ou entendimento de mudança, interação ou combinação, mas como algo que tem um valor pragmático, pode ser aplicado em diferentes contextos e contribui com o desenvolvimento político, econômico, ambiental e social. Também, segundo Stockcolm (2007), por exemplo, reações químicas em superfícies catalíticas

trazem uma contribuição para as indústrias que produzem fertilizantes que são produtos utilizados na agricultura e pela agroindústria e contribuem diretamente na produção de alimentos para toda humanidade.

Pfundt (1982), Shumer (2004), argumentam que as reações químicas possibilitam entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos. Outrossim, a reação química seria o resultado da capacidade humana em modificar objetos e produtos considerando suas necessidades e demandas diárias. Stavridou e Solomonidou (1989), Vos e Verdonk (1987), Rosa e Schnetzler (1998), também defendem a importância de se compreender o conceito de reações químicas, uma vez que ajuda a entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de medicamentos, o cozimento de alimentos, entre outros exemplos.

Assim, perante nossa discussão, conferimos que a Zona 6 pode contribuir para discussões que podem ajudar no pensamento crítico e reflexivo de estudantes, a partir da compreensão das reações químicas como um conhecimento pragmático que não apenas envolve reagentes e produtos, mas um saber necessário para atuação cidadã, na qual o conceito em tela se alinha a alterações em uma perspectiva, social, científica, tecnológica e ambiental. Dessa forma, quando problematizada em sala de aula e outros âmbitos sociais, a Zona 6 pode possibilitar o entendimento de distintos processos que envolve reações químicas e que estes podem ser úteis para a sociedade a partir da produção de materiais, artefatos e bens de consumo importantes para a vida das pessoas e para o desenvolvimento científico e tecnológico

6.2.7 Reações químicas compreendidas como modelo explicativo

A Zona 7 - Reações compreendidas como modelo explicativo, em que reuniu os seguintes temas, a saber: reação química compreendida a partir de tipos e classificações; reação química explicada a partir da racionalização de seus parâmetros; reação química compreendida a partir de representações; reação química relacionada a combinações; reação química relacionada às interações entre substâncias; reação química associada à reorganização de átomos ou elementos, e reação química compreendida a partir de trocas energéticas. Assim, nessa zona as reações químicas são compreendidas de forma progressivamente mais complexa a partir de diferentes parâmetros, tais como: as tipologias e classes de reações químicas, a compreensão racional de evidências e das representações das reações químicas, os modos de

interação entre substâncias que envolvem rearranjo de partículas e moléculas, e trocas energéticas, e ocorrem em proporções quantitativas definidas. Dessa forma, para essa zona as reações químicas são explanadas como processos de interação entre substâncias levando a rearranjo de partículas, envolvem trocas energéticas e ocorrem em proporções quantitativas definidas, bem como, estão atreladas a partir de classificações, representações e características particulares. É interessante destacarmos que a referida zona se respalda em um compromisso epistemológico racionalista, com foco na tipificação e classificação de reações químicas, em que as reações químicas são abordadas e compreendidas predominantemente a partir de características específicas de cada tipo de reação. E também a partir de uma epistemologia racionalista com foco no formalismo ou modelagem que visam sistematizar o conhecimento sobre parâmetros da experiência. Dessa forma, a reação química é compreendida a partir de uma visão científica que inclui relações matemáticas que ajudam a compreender, por exemplo, proporções estequiométricas e previsão de obtenção de produtos. E se alinha também em um compromisso ontológico de processo interativo natural ou artificial que pode ser controlado, em que os indivíduos podem e detém de possível controle acerca das reações químicas, quando manipuladas. A Zona 7, apresenta ainda um alinhamento epistemológico racionalista, com foco no uso da linguagem química para representação das reações químicas, em que as reações químicas podem ser ilustradas e representadas cientificamente e que se ancoram ao mesmo tempo em uma ontologia de processo que pode ser representado discursivamente e de forma diagramática. Além disso, verificamos o entrelaçamento com um compromisso epistemológico racionalista focado na compreensão das interações de substâncias, mas sendo que essas interações são compreendidas a partir do modelo atômico-molecular. E por isso, também se respaldam em um compromisso ontológico de processo interativo natural ou intencional, que se complementa nas abstrações para compreensões de modelos que exigem abstração para explicar como as interações ocorrem. E por fim, constatamos também indicativos de uma visão epistemológica racionalista complexa, a partir do qual a compreensão das reações químicas ocorre pelo entendimento amplo de que as interações entre substâncias envolvem rearranjo de átomos e trocas energéticas.

De acordo com Hudson (1992), Mocellin (2006), Maar (2008), a partir do século XVIII, que diferentes reações receberam um tratamento mais rigoroso, e partir das contribuições de Boyle e Lavoisier, houve maiormente uma busca de padronização do conceito em tela, deixando apenas de tecer informações acerca dos aspectos científicos, e se ancorando em identificação de propriedades, relações quantitativas e qualitativas, nem como de fatores termodinâmicos. Vidal (1986) também ratifica esse pensamento, na qual a partir das publicações de Lavoisier

que houve uma sistematização de estudos químicos em uma ótica, a partir do uso da balança e do controle de operações químicas, o que permitiu que os estudiosos investigassem até chegarem às leis ponderais, bem como, compreendessem uma reação química a partir de uma perspectiva conceitual, a exemplo a reação da combustão, que passou a ser explicado pelos fatores de interações entre as substâncias, por influência de temperatura e relações quantitativas. Sendo assim, verificamos que uma epistemologia que apoia esse modo de pensar está atrelada ao formalismo e ao racionalismo, e também de um compromisso representacional. No que concerne a alguns elementos da epistemologia formalista, e de acordo com as contribuições de Bachelard (1996), estamos considerando em relação ao racionalismo aplicado, na qual ocorre a caracterização e interpretação sistemática do conhecimento racional a partir de relações matemáticas. De fato, trouxemos alguns desses elementos, tendo em vista que, estudos que envolvem cálculos estequiométricos, cinética química, dentre outros, compreendem as reações químicas a partir de dados quantitativos, o que sugere um entendimento em uma ótica do formalismo.

Para Duncan (1970) e Van Brakel (1997) a partir de métodos numéricos, o conceito de reação química pode ser explicado de forma experimental, a partir de uma visão mais sistemática, tendo em vista que, que as relações quantitativas da estequiometria por meio de procedimentos experimentais abocados a teorias, considerando processos termodinâmicos. A partir de Bachelard (1996), a formalismo matemático, possibilita a compreensão das relações conceituais e não fica apenas associada a propriedades empíricas atreladas aos fenômenos. Em relação a epistemologia racionalista, segundo Bachelard (1996), compreende que os fenômenos são explicados a partir de uma ótica crítica e abstrata. Para o autor, o racionalismo busca realizar um movimento a partir de pensamento racional, e que este seja aplicado para explicar o fenômeno e suas especificidades. Assim, o racionalismo, nos ajuda a compreender as reações químicas a partir da interconversão de reagentes na geração de produtos, neste caso, compreendemos em uma ótica de interações de substâncias, rearranjos de átomos, a partir de diferentes processos, e com características diversas. E por isso, de acordo com Bachelard (1996), a epistemologia racionalista nos permite entender e explicar fenômenos complexos, em uma dialética entre o fenômeno e a realidade a partir de complicações de base.

Para Duhem (2002), Shumer (2004) e Stein (2014), também podemos refletir acerca da reatividade das substâncias, a partir da polaridade atômica, permitiu com que as reações químicas fossem explicadas a partir de rearranjos de átomos, e que também se considerasse o tempo de duração, fatores e caracterização das novas substâncias formadas. O que segundo Shumer (2004), foi essencial para que uma reação química fosse entendida a partir de suas mais

variadas características, e ser explicada a partir de uma visão da própria Ciência. E a partir de uma epistemologia racionalista, a zona em discussão também apresenta o compromisso representacional. Segundo Gilbert e Justi (2016), os modelos aplicados na Química, permitem uma melhor compreensão dos conceitos científicos, bem como podem ter um valor pragmático, tendo em vista que uma representação pode ilustrar e ajudar diretamente na compreensão de variados conceitos. Os autores expressam que os modelos nos ajudam a fazermos distinções dos processos químicos, nas formas de representações e imagens, que permitem os indivíduos compreenderem e explicarem os fenômenos e as transformações, em uma ótica psicológica, que está relacionada as formas que representam internamente os objetos, eventos, ou processos que estão relacionados a forma que explicamos o que observamos, i. e., são estruturas análogas do que está sendo representado e construído na mente de cada sujeitos. Desse modo, esse compromisso representacional, na ótica de Gilbert e Justi (2016), os modelos são visões de artefatos factuais, pois como envolve sujeitos, estes modelos são adotados na tentativa de construir conhecimento a partir de determinadas representações, assim, o modelo torna-se um artefato epistêmico. Essa noção de modelos, de acordo com os autores, enfatiza explicitamente a relevância da materialidade dos modelos e seus múltiplos propósitos e usos.

Nesse sentido, percebemos que o conceito de reações químicas em Livros Didáticos do Ensino Superior, conforme aponta, Atkins e Jones (2012), Kotz e Treichel Jr. (2009), Brown, Lemay e Bursten (2005), em que ele enfatiza tanto as classificações, tais como: reação de combustão, oxidação-redução, fermentação, ácido-base, dentre outras, como também, da forma que elas são representadas, por diferentes equações químicas, modelos de ressonância da reação química, ação de energia na reação, dentre outros exemplos. Assim, esse modo de pensar, em muitos casos, é representado por uma equação química, exemplificando uma reação, ou até mesmo um esquema de ilustrações, com figuras e imagens, como forma de ajudar na compreensão tanto macro, quanto submicroscópica para se explicar as reações químicas. Para Duncam (1970), Leicester (1975), Crosland (2006) e Stein (2014), as representações e classificações, surgiram ao longo do desenvolvimento do conceito para deixá-las mais didáticas e explicativas. For uma forma, de elucidar o caráter dinâmico das interações, rearranjos de átomos, a partir de especificações submicroscópica, e assim, resultaram é um uso pragmático das representações para explicar as reações químicas.

E em relação a concepções de estudantes, Andersson (1990), Grapí e Izquierdo (1997), Rosa e Schnetzler (1998), Solsona (2003), Solsona, Izquierdo e Jong, (2001), Tsaparlis (2003), Machado Jr. et al. (2005) e Silva (2008), muitos estudantes ao explicarem o conceito de reações químicas, expressam um pensamento a partir de visões racionalistas, sejam considerando a ideia

de interações, combinações e rearranjos, para justificar a ocorrência de uma reação química, como também a partir de classificações, como reação de combustão, oxidação-redução, ou nominando, de simples troca, dupla troca, e dentre outros, relacionando o conceito em tela como uma forma de classificação. Kermen e Méheut (2008), Yan e Talanquer (2015) e Cheng (2018), ratificam as observações acima citadas, mas salientam sobre que o conceito de reações químicas no contexto de ensino tem uma grande dependência equações como representações, por exemplo, $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$, assim como por meio de esquemas de equações, sistemas ilustrativos, dentre outros, para tornar o conceito mais compreensível. Assim, para os autores, dependendo do contexto de ensino, a representação é a única forma de exemplificar e contextualizar uma reação química e esclarecer sobre as interações submicroscópica, colisões e outros tipos de modelos explicativos. E por fim, Boo (1996), Grapí e Izquierdo (1997), Quílez (2004), Solsona, Izquierdo e Jong (2003), Quílez (2006) e Cheng (2018) também salientam que o conceito de reação química também é expresso pelos estudantes a partir de mudanças entálpicas e entrópicas como formas de explicar a quebra de vínculos entre reagentes para formação de produtos, bem como na compreensão da ordem e estabilidade de uma reação química incidir. Nesse sentido, os processos energéticos além de explicarem reações químicas, que podem ser discutidas em laboratório, também são associados a eventos do cotidiano, na qual explicam a reação química a partir de fatores como calor e energia, como por exemplo, os alimentos a energia química é transformada em energia térmica combinando a dióxido de carbono e água a partir da reatividade com o oxigênio.

Assim sendo, a partir de nossa discussão, averiguamos que a Zona 7 é de grande valia para o processo de ensino e aprendizagem do conceito em tela, e também de aplicações em contextos diversos, tendo em vista que ela pode contribuir na compreensão das reações químicas a partir de tipificações, classificações, relações matemáticas por meio das proporções estequiométricas, na previsão de produtos em uma ótica científica para obtenção de produtos como um processo passível de controle. Além do mais, pode ajudar na compreensão da modelagem a partir das representações, como forma de representar cientificamente uma reação química. E por fim, a Zona 7, torna-se imprescindível no entendimento de interação de substâncias a partir do modelo atômico-molecular, bem como na compreensão complexa do conceito de reações químicas considerando as interações entre substâncias que envolvem rearranjos de átomos e trocas energéticas.

Portanto, a partir da apresentação das zonas do perfil conceitual de reações químicas, pudemos verificar a sua polissemia, e os diferentes significados que ele agrega com seus respectivos contextos pragmáticos. Vale destacar que, cada zona foi estruturada a partir da

reunião de diferentes temas, com distintos compromissos os quais se adicionam em diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito em tela.

A seguir, no Quadro 6, apresentamos a síntese dos modos de pensar e formas de falar do conceito de reações químicas, destacando os temas os quais contribuíram na construção de cada zona, e alguns exemplos de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que foram identificados.

Quadro 6: Modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas.

MODOS DE PENSAR E FORMAS DE FALAR REAÇÕES QUÍMICAS			
Zonas	Temas	Exemplos de compromissos	Identificação dos compromissos
Zona1 - Transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança	Transformações relacionadas com a modificação dos materiais	O fogo por muitos anos se constituiu uma fonte de energia para a transformação dos materiais, sobretudo dos alimentos, no período paleolítico o homem aprendeu a transformar as coisas a partir do aquecimento.	Compromisso ontológico de processo. A transformação compreendida como procedimento passível de sequenciamento.
		O fogo seria a manifestação de uma transformação química considerando a combustão de materiais e a capacidade de formar produtos, mesmo de forma aleatória.	Compromisso epistemológico realista. Transformação a partir da ação do homem em manipular o fogo sem rigor técnico.
	Reação química compreendida de forma generalista	Reação química a partir de vivências do dia a dia, substituíam regularmente materiais, energia e coisas do cotidiano por substâncias químicas para explicar e ilustrar uma reação química. O conceito de substância, elemento químico, transformações químicas e físicas, a mudança de fase da matéria e transformação química como sendo conceitos iguais.	Compromisso epistemológico realista. Reação química a partir de um realismo ingênuo na qual generaliza o conceito.
		As transformações a partir de três tipos de movimentos para os corpos, quais sejam: movimento natural, no qual cada elemento iria se orientar para seu lugar natural, por exemplo ao fogo em relação ao sol; movimento	Compromisso ontológico de processo. As transformações a partir de processos eventuais que

Zona2 - Reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais	Transformações químicas/reações químicas como ocorrência natural ou espontânea	forçado, que seria influenciado por fatores externos e que de certa forma tenderiam a interferir no movimento natural; e, por fim, no movimento voluntário, que teria forte influência da ação de criaturas vivas.	aconteciam por causas naturais.
		Reação de oxidação de alimentos, e esse tipo de reação química que ocorre naturalmente e leva o alimento a se decompor por conta da ação de microrganismos que podem ser vistos apenas por microscópio.	Compromisso ontológico de processo. Reação química ocorre a partir de eventos que ocasionam em reações que procedem espontaneamente.
		Reação química é um fenômeno natural, como o amadurecimento de frutas, a deterioração das folhas das árvores, a ferrugem do ferro e o leite azedo.	Compromisso ontológico de processo. A reação química a partir de processos eventuais que aconteciam por causas naturais.
Zona3 - Reações químicas como algo vivificado	Reação química a partir de características animistas	A ferrugem como uma espécie química que aparece na umidade e fica no ar, e tem a capacidade de atacar algum metal quando este é umedecido, nesse sentido, a ferrugem é entendida por eles como uma espécie de fungo que ataca os metais.	Compromisso epistemológico animista.
		O oxigênio “comeria” o metal e depois do desgaste ficaria mais fino, como forma para explicar a diferença de peso quando se removesse a ferrugem de um prego.	
	Transformação química como afinidade e atração de substâncias	Bronze com Arsênio, era produzido a partir da feitura de minérios extraídos em lugares diferentes, mas que mesmo assim não sabiam explicar o porquê estes minérios conseguiam reagir.	Compromisso epistemológico realista. Compromisso ontológico de processo. Transformação química a partir a afinidade; e

Zona 4 - Reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades			manipulação do homem. Observação e interação acausal.
		Relações de atração e repulsa por meio da exemplificação de pares de diferentes casais, como forma de demonstrar as afinidades químicas entre várias espécies.	Compromisso axiológico. Transformação química alinhada a desejos e afetos de indivíduos.
	Reação química como algo sensorial	A reação química pode ocorrer como deslocamento, na qual uma das substâncias mudam de espaço físico, podendo desaparecer pelo simples fato de ter se deslocado; por exemplo, as gotas de água em uma mesa que saem de uma esponja molhada. Assim, a nenhuma propriedade das substâncias é alterada nesse tipo de transformação, sendo assim, a substância original é apenas deslocada e os átomos e moléculas formam uma espécie de revestimento.	Compromisso ontológico de processo. Compromisso epistemológico substancialismo do oculto. Reação química como mudança a partir de observações sem explicar informações submicroscópica.
		Reações químicas são apenas mudanças químicas que podem ser observadas a partir do desaparecimento de uma substância em detrimento da formação de outras.	Compromisso epistemológico realista. Reação química como mudança, mas a partir de uma ótica ingênua.
		A ferrugem como sendo uma espécie de mudança de estado do ferro.	
Transformações químicas relacionadas a forças místicas ou espirituais	Os espíritos, invisíveis por conta de sua natureza, tais como mercúrio, arsênico e enxofre, apresentariam uma ação sobre os metais, que permitia que eles se ligassem a diferentes corpos e se transformassem.	Compromisso epistemológico substancialismo do oculto. Transformações químicas atreladas a processos místicos e ocultos.	
Zona5 - Reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades	Reação química a partir de evidências	A corrosão causada por produtos químicos, que também é muito percebida como a ferrugem, provoca mudanças na superfície de contato, e o dano da corrosão pode ser reduzido a partir do ajuste da composição da superfície que é protegido por	Reação química a partir do entendimento empírico submicroscópico

		<p>uma camada de óxido formado no ar.</p>	
		<p>Um catalisador tem a função de aumentar a velocidade de determinados mecanismos de reação, por exemplo, a fisiologia da maioria dos seres vivos depende da ação de enzimas, ou seja, moléculas de proteínas que atuam como catalisadores, aumentando as velocidades de determinadas reações bioquímicas.</p>	<p>Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química em uma visão científica para compreender a transformação de substâncias a partir de evidências</p>
		<p>A reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro com intuito de limpar algo.</p>	<p>Compromisso axiológico. Compromisso ontológico de processo.</p>
<p>Zona6 - Reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais</p>	<p>Reação química como algo pragmático</p>	<p>Reações químicas em superfícies catalíticas que contribuem para as indústrias de produção de fertilizantes e a deterioração da camada de ozônio através de reações químicas nas superfícies dos cristais de gelo na estratosfera.</p>	<p>Compromisso epistemológico, dentro de uma ótica de tecnociência. Reação química associada a seu valor pragmático na geração de produtos.</p>
		<p>A reação química é um processo causado pelo homem, como o cozimento de alimentos, ação de ácidos, queima da matéria orgânica, ação de produtos químicos, como por exemplo, a manipulação do alvejante à base de cloro com intuito de limpar algo.</p>	<p>Compromisso axiológico. Compromisso ontológico de processo.</p>
		<p>Reações químicas ajudam a entendermos os mecanismos das transformações químicas e os processos que ocorrem diariamente em nossas vidas como o metabolismo, a ação de</p>	<p>Reação química como produto de desejos e vontades humanas</p>

		medicamentos, o cozimento de alimentos.	
	Reação química como forma de classificação	Reação de combustão, de oxidação-redução/reações redox, de fermentação, de saponificação, de ácido e base, de decomposição, de neutralização	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reações químicas a partir de entendimentos de classificação a partir de características específicas de cada processo.
	Reação química a partir da racionalização de seus parâmetros	O balanceamento simboliza as mudanças qualitativa e quantitativa que ocorrem em uma reação química, e os coeficientes estequiométricos nos mostram os números relativos de mols dos reagentes e produtos que tomam parte na reação.	Compromisso epistemológico racionalista e formalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de visão científica de processos estequiométricos.
		Entender a natureza da velocidade das reações na qual aparecem as concentrações de reagentes e também verificar as probabilidades de uma reação coordenada, bem como analisar as relações entre velocidade e quantidade (concentração) de reagentes e produtos ao longo de uma reação química.	Compromisso Epistemológico formalista e racionalista. Reação química a partir de relações matemáticas.
	Reação química como algo representacional	Sódio + água → Hidróxido de sódio + hidrogênio (descrição por palavras) $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$ (Equação esqueleto) $2 \text{Na}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{NaOH}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$ (Equação química balanceada)	Compromisso epistemológico racionalista. Reação química a partir da ilustrada e representada cientificamente.
		Rearranjo da isonitrila de metila a partir do perfil de energia.	

Zona7 - Reações químicas compreendidas como modelo explicativo			
	Reação química relacionada a combinações	Reação química a partir de múltiplas combinações entre os elementos de uma matéria primária, ocorriam por conta das distinções das formas e movimentos de suas partículas.	Compromisso ontológico de processo. Compromisso epistemológico racionalista. Reação química em detrimento de um evento para formação de algo.
	Reação química relacionada às interações entre substâncias	As reações químicas a partir da ótica atômica, as entidades estruturais como moléculas, átomos e íons podem se tornar novas entidades químicas, assim elas podem ser expressas como processos submicroscópicos no qual durante a reação, por exemplo, de nitrato de cobre e prata seja possível considerar as trocas de elétrons que permitem com que a reação ocorra.	Compromisso epistemológico Racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de eventos em diferentes níveis
	A reação química está associada a reorganizações de átomos	Reação química pode ser entendida como um rearranjo de partículas, sejam ela átomos, moléculas ou íons, no qual se estabelece um balanço de massa e energia entre reagentes e produtos.	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de processos de rearranjos que remetem a uma visão científica..
	Reação química a partir de trocas energéticas	O processo de oxidação, a partir da química de superfície na qual observa interface gás-sólido, os reagentes da reação estão realizando as trocas de energia com moléculas vizinhas, é uma	Compromisso Epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo.

		forma que fazer com que esse processo não ocorra de forma desordenada.	Reação química como evento que envolve trocas energéticas.
		A reversibilidade das reações químicas, ocorrem a partir de fatores como calor e energia	Compromisso epistemológico racionalista. Compromisso ontológico de processo. Reação química a partir de processos experimentais

Fonte: Dados da pesquisa.

Para facilitar a compreensão das diferentes zonas propostas para o perfil conceitual de reações químicas, organizamos o Quadro 7, na qual explana a síntese dos modos de pensar e formas de falar e suas características. Salientamos que cada zona recebeu um código, partindo de Zona 1 até Zona7, bem como foram ilustradas com diferentes cores, no intuito de facilitar a identificação das zonas e a inserção dos nomes, nas análises dos dados alcançados com estudantes do Ensino Médio e Licenciandos em Química.

Quadro 7: Zonas do perfil conceitual de reações químicas

ZONAS PROPOSTAS PARA O PERFIL CONCEITUAL DE REAÇÕES QUÍMICAS		
Código	Zonas	Características
Zona1	Transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança	Transformações compreendidas a partir do que é observado nas vivências dos sujeitos, sem que seja feita qualquer distinção entre diversos processos, tais como, misturas de materiais ou substâncias, mudanças de estado físico, e a transformação química e física são tratadas como iguais. Prevalece uma ideia vaga de que tudo se transforma.
Zona2	Reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais	Reações químicas compreendidas como algo que ocorre de forma natural ou espontânea. Tudo se transforma e as transformações são parte da natureza dos materiais. Elas ocorrem porque tem que ser assim.
Zona3	Reações químicas como algo vivificado	Reações químicas associadas a características humanas ou de objetos animados. Por exemplo, ocorrendo pela presença de fungos, por atração entre materiais (no sentido humano), reagentes e produtos tratados como se tivessem vida ou vontade para interagir ou reagir.
Zona4	Reações químicas compreendidas a	Reações químicas compreendidas a partir de características sensoriais e intuitivas determinadas por observação superficial de aspectos como

	partir de sensações e afetividades	bolhas/fumaça/gases, cor, aquecimento, emissão de sons, aparente destruição, desaparecimento ou deslocamento de materiais ou substâncias. Transformações associadas a poderes místicos ou espirituais que promovem alterações nos materiais.
Zona5	Reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades	As reações químicas são explicadas a partir evidências empíricas – alteração de coloração, produção de gases, formação de precipitado a partir de procedimentos práticos, mudanças nos reagentes e/ou produtos, formação de produtos, aquecimento ou resfriamento do recipiente mediado por um processo experimental, e por mudanças de propriedades no sistema em uma ótica científica ou com aproximações de caráter científico.
Zona6	Reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais	Reações químicas compreendidas como processos que são úteis para a sociedade e ao ambiente por produzirem materiais, artefatos e bens de consumo importantes para a vida e o desenvolvimento, trazendo benefícios e riscos.
Zona7	Reações químicas compreendidas como modelo explicativo	Reações químicas como processos de interação entre substâncias levando a rearranjo de partículas, envolvem trocas energéticas e ocorrem em proporções quantitativas definidas. Reações químicas compreendidas a partir de classificações, representações e características particulares.

Fonte: Dados da pesquisa.

6.3 Análise de modos de pensar e formas de falar

Nesta seção iremos apresentar os dados alcançados por meio da aplicação de questionário com estudantes do Ensino Médio, bem como da aplicação de uma Sequência Didática com licenciandos em Química. Assim, a partir destes dados discutimos os modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas que emerge em contextos diversos.

O processo de identificação de concepções foi a partir das zonas do perfil conceitual de reações químicas, quais sejam, transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança; reações químicas como algo vivificado; reações químicas como um processo natural ou intrínseco dos materiais; reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades; reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades; reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais; e reações compreendidas como modelo explicativo. Segundo Mortimer e El-Hani (2014), o processo de análise de modos de pensar e formas de falar permite aprofundar a compreensão dos domínios ontogenético e microgenético a partir dos registros de diferentes indivíduos, bem como permite validarmos as zonas de um perfil conceitual.

6.3.1 Análise do questionário com estudantes do Ensino Médio

As concepções dos estudantes dos 2º e 3º anos do Ensino Médio foram identificadas a partir da aplicação de um questionário, assim, a seguir, apresentamos uma breve análise sobre o questionário aplicado com o objetivo de identificar diferentes concepções de estudantes do Ensino Médio sobre o conceito de reações químicas.

Primeira Pergunta

A primeira pergunta do questionário que aplicamos com os discentes do 2º ano do Ensino Médio e do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Recife foi direcionada acerca do que eles entendiam por transformações químicas ou reações químicas. Assim, no Quadro 8, apresentamos os modos de pensar que foram verificados.

Quadro 8: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a primeira pergunta

O que você entende por transformações químicas ou reações químicas? Dê exemplos.	
ZONAS	Exemplos
Zona1	“[...] podendo sofrer dois tipos de transformações, química e física, um exemplo de reação física é a queima ”. (EM2)
	“ Entendo como tudo que muda a matéria . Fogo, corrosão de ácido, explosão”. (EM18)
Zona 2	“Transformações químicas seriam as consequências que levam a criação de uma nova substância ”. (EM30)
Zona4	“[...] Exemplos: reações - por meio da mecânicas a corrente elétrica .transformação - fumaça e calor de uma fogueira ”. (EM7)
	“É a transformação de algum material para outro com materiais e composições diferentes . Ex: o leite azedar, ferver água , oxidação de ferrugem”. (EM11)
Zona5	“Substâncias que foram submetidas a alterações. Ex: acender um palito de fósforo, ”. (EM19)
	“Além da mudança de estado, de densidade e de temperatura podem ser evidências de transformações químicas. Nelas podem acontecer explosão e liberação de gases ”. (EM26)
Zona7	“Mudança na sua constituição, por exemplo, (reagentes) enxofre + ferro -----> (produto) sulfeto ferroso ”. (EM20)
	“É quando mais de duas substâncias se misturam formando uma nova substância. Como exemplo, a formação da ferrugem em resultado da oxidação do ferro em contato com o oxigênio ”. (EM21)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos verificar, no Quadro 8, identificamos cinco zonas sobre o conceito de reações químicas. Nas falas de EM2 e EM18, Quadro 8, observamos que o conceito de

reação química é confundido com a concepção de transformação física, em que não existe distinção entre eles, como também que tudo que passa por uma transformação seria uma espécie de reação química, o que se aproxima da zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**. EM2, não faz nenhuma distinção entre transformação química e física, e além disso, quando vai exemplificar, diz que uma queima se trata de uma reação física, termo esse que não é utilizado na Química em seus diferentes espaços de ensino. Já EM18, apesar do exemplo detalhar sobre corrosão e explosão, deixou claro que para ele tudo que transforma a matéria seria uma reação química, denotando uma visão realista.

Para EM30, Quadro 8, o conceito de reações químicas foi associado a uma consequência, como algo natural do próprio material, isto é, a zona de **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**. Tal fato é corroborado quando o estudante cita que as transformações químicas seriam consequências que levam a criação, ou seja, abandona qualquer fundamento que possa atrelar a um procedimento passível de manipulação do homem, e destaca o caráter natural por meio de uma decorrência, que se gera novas substâncias.

Nos trechos de respostas de EM7 e EM11, no Quadro8, também constatamos a emergência de outra zona, que se fundamenta em caracterizar as **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**. Na fala de EM7 há uma exemplificação intuitiva a partir do momento que fez uma associação das reações químicas como algo ligado a corrente elétrica, mas seguidamente aponta uma visão sensorial, em que a reação química é explicada a partir da fumaça, ou seja, o que ela pode visualizar de forma intuitiva e associar a uma reação, e também por intermédio do calor que ela pode sentir. EM11, apresenta uma fala nesse mesmo modo de pensar acima citado, pois, inicialmente reconhece que a reação química pode transformar um material em outro, todavia, se detém a exemplos que se ancoram em suas percepções macroscópicas, como observar o leite azedar ou a ferrugem, e ao mesmo tempo as suas sensações são tão expressivas que o fenômeno físico de ferver água é também tratado como uma reação química, pelo fato de possivelmente apresentar bolhas quando entra em ebulição.

Nas falas de EM19 e EM26, Quadro 8, também verificamos outro modo de pensar, na qual há um reconhecimento científico, mas ainda se detém a implicações a partir de evidências. Desse modo, constatamos a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, pois, para EM19, as substâncias que são submetidas a alterações podem justificar a ocorrência de uma reação química, e cita que o acendimento de um fósforo é uma forma de confirmar essa explicação. A fala de EM26, é algo também ligado a evidências,

quando cita explosão e liberação de gases mediante a processos de mudanças nas propriedades. Assim, as visões desses discentes ratificam que há um valor pragmático de associação experimental ou algo correlato como forma de apoiar a ocorrência de uma reação química.

Por fim, na fala de EM20, observamos a manifestação de uma visão racionalista de que as reações químicas são ações que podem resultar na mudança de sua constituição, e pode ser representado a partir de uma equação química. Já EM21, apesar de trazer o termo que mistura de substâncias, que também é ilustrado em Atkins e Jones (2012), reconhece o processo de oxidação do ferro que ocorre por meio do contato com o oxigênio, o que possivelmente indica informações importantes para reconhecimento de uma reação química, e assim, expõem concepções da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

Terceira Pergunta

A seguir, no Quadro 9, apresentamos os modos de pensar que foram nomeados na terceira pergunta, que relacionava as reações químicas ao funcionamento de uma pilha e seus processos de armazenamento.

Quadro 9: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a terceira pergunta

Como você poderia explicar o que acontece no interior de uma pilha? E o que se observa quando uma pilha fica guardada muito tempo em um aparelho eletrônico?	
ZONAS	Exemplos
Zona1	“Na pilha ocorre a reação de energia positiva e negativa , quando fica muito tempo em um aparelho eletrônico a energia da pilha acaba”. (EM13)
Zona2	“São colocadas certas substancias dentro da pilha que reagem espontaneamente transferindo elétrons ”. (EM3)
Zona3	“Ocorre uma reação de oxirredução, que ataca o zinco que fica no interior da pilha, danificando o "casco" da pilha, por causa da pasta ácida, assim danificando algum aparelho eletrônico que tiver perto”. (EM20)
	“Acontece alguma dinâmica para que a energia fique armazenada na pilha. Ela fica velha ”. (EM26)
Zona4	“Acontece uma explosão ”. (EM7)
	“Não sei o que ocorre no interior de uma pilha, mas o que se observar e que elas "estouram" ficam inutilizáveis”. (EM28)
Zona5	“Há uma conversão direta de energia química para energia elétrica . Há a liberação do líquido interno , e o aparecimento de ferrugem”. (EM4)
	“O líquido da pilha evapora aos poucos fazendo ela ficar desgastada, ela pode explodir ou vazar ” (EM18)
Zona7	“A pilha é um dispositivo no qual ocorre produção de corrente elétrica a partir de energia química oriunda de uma reação de oxidorredução, isto é, uma espécie do reagente perde elétrons (oxidação), enquanto outra espécie ganha elétrons (redução) . Os componentes das pilhas ditas

	"secas" são materiais de baixo calor específico e precisam de menos calor para dilatar em relação sua carcaça que é feita geralmente de ferro. Com isso após o esgotamento da energia química, temos o metal passando por um processo de acúmulo de energia térmica e com isso dilata". (EM5)
	"Acontece a oxirredução dos componentes da pilha ". (EM10)

Fonte: Dados da pesquisa.

Inicialmente, no Quadro 9, observamos a zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)** em que EM13 cita que a reação química seria “reação de energia positiva e negativa”, apresentando uma visão ingênua para o conceito, sem se preocupar com as visões científicas que podem ser relacionadas. E ainda no referido quadro, também evidenciamos o modo de pensar **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, quando EM3, interpreta o conceito de reação química como algo que ocorre espontaneamente, e é intrínseco das substâncias que compõem a pilha, e tal fato possibilita com que elas transfiram elétrons.

Outra zona que constatamos foi **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**, representada pelas falas de EM20 e EM26. Assim, EM20 explica acerca da oxirredução, no entanto, atribui uma característica animista para uma das substâncias presentes na reação, como se o zinco tivesse a capacidade humana de atacar o material, e assim resultar na danificação do recipiente da pilha. Análogo a essa visão, EM26, discorreu que a energia que é produzida por uma reação de oxirredução que ocorre no interior de uma pilha envelhece, assinalando um atributo do ser humano que é o envelhecimento, associando a energia a partir do momento que ela fica armazenada durante muito tempo.

Nas expressões externadas pelos educandos EM4 e EM18, Quadro 9, confirmamos a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, na qual as explicações concernentes ao interior de uma pilha estavam atreladas a visões que tendiam ao científico, mas se apoiando em questões mais empíricas. Para EM4 no interior de uma pilha ocorre a conversão de energia química em energia elétrica, e em seu exemplo, ratifica as evidências dessa ocorrência, tanto pela ferrugem, quanto a liberação de líquido interno. Outrossim, EM18, descreve que no interior de uma pilha ocorre a evaporação paulatina do líquido, como um processo que possibilita o funcionamento da pilha a partir de uma reação química, e enfatiza explosão e vazamento como forma de evidenciar o processo.

Por fim, a última zona a qual verificamos, **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, observamos as principais manifestações conectadas a uma ótica mais científica do conceito em tela. Por isso, nas falas de EM5 e EM10, Quadro 9, ambos

discentes relataram que no interior de uma pilha ocorre uma reação de oxirredução, ilustrando o detalhamento da perda e ganho de elétrons, por conta dos componentes da pilha. E além disso, EM5, apontou informações sobre questões energéticas que também estão ligadas a reação de oxirredução, indicando assim, sobre o que ocorre quando fica armazenada durante muito tempo a partir da dilatação do material por conta do acúmulo de energia térmica.

Quinta Pergunta - Afirmativa A

A primeira pergunta do questionário que aplicamos com os discentes do 2º ano do Ensino Médio e do 3º ano do Ensino Médio apresenta algumas perguntas com afirmativas diferentes buscando observar concepções alinhadas diferentes contextos. Assim, no Quadro 10 iremos expor exemplos das zonas as quais foram observadas.

Quadro 10: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a quinta pergunta – Afirmativa A

O que você acha que ocorre quando: Há corrosão de materiais	
ZONAS	Exemplos
Zona1	“Mudanças físicas e químicas no produto”. (EM22)
	“Quando isso acontece, as ações químicas e físicas do material mudam”. (EM24)
Zona2	“Usando como exemplo o metal, sendo naturalmente deteriorado principalmente pelo oxigênio”. (EM2)
	“É a deterioração de um determinado material com o passar do tempo”. (EM27)
Zona3	“É quando tem um ataque direto de uma substância química entre algum material, que pode ser ou não ser um metal”. (EM25)
Zona4	“O ferrugem, assim destruindo aquela matéria”. (EM11)
	“A deterioração dos materiais”. (EM19)
Zona6	“Os materiais ficam com menor energia, pode acabar perdendo sua utilidade ou acabar se destruindo”. (EM10)
	“A corrosão dos metais, por exemplo, é um processo que o metal é deteriorado pela reação de oxidorredução. Esse processo é ruim para nós, pois causa prejuízos, porque a corrosão traz danos em carros, navios, edifícios, etc”. (EM20)
Zona7	“A corrosão de matérias é o processo de destruição total, parcial, superficial ou estrutural de determinado material causado pela ação do meio. Existem três tipos de corrosão, a corrosão eletrolítica, a corrosão química e a corrosão eletroquímica. Vários materiais podem sofrer corrosão, tais como os polímeros e as estruturas feitas de concreto armado”. (EM5)
	“Ocorre a transferência de elétrons de um reagente para outro.” (EM14)

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 10, verificamos a emergência das 6 zonas do perfil conceitual de reações químicas. No tocante a primeira zona, **transformações químicas associada**

indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1), tanto EM22 quanto EM24, quando explicaram a corrosão, exibiram que são mudanças no produto e no material, respetivamente, mas demonstrando uma resposta sem reflexão ou com amparada cientificamente, evocando registros gerais, sem se deter as explicações ou complementação sobre a reação química.

Nas falas de diferentes estudantes, também verificamos a incidência do modo de pensar **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, pois para EM2, ao esclarecer sobre a corrosão, ele ratificou que é uma deterioração do metal, e como algo que ocorre naturalmente, nesse sentido, a reação química do oxigênio em contato com o metal, resulta na corrosão como uma lei natural, e não a partir de exposições ou fatores a serem interpelados. EM27 também assinala a corrosão como deterioração do material, e elucida que isso acontece com o tempo, ou seja, é uma ocorrência inseparável do próprio material.

Já na fala de EM25, Quadro 10, existe indícios do modo de pensar **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**, em que a ocorrência da corrosão seria um ataque de uma das substâncias que estariam presentes possivelmente na oxidação dos metais, e que a substância teria uma atitude semelhante de uma pessoa, que ficaria atacando propositalmente para provocar a corrosão do material, o que seria um indicativo de animismo ligado ao conceito de reação química.

Um outro modo de pensar também verificamos nas respostas dos discentes, se alinhou a compreensão das **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, exemplificadas nos trechos de falas de EM11 e EM19, Quadro 10. Assim, na resposta de EM11, ele fundamentou suas considerações a partir de uma percepção macroscópica, em que para ele a corrosão seria a destruição da matéria a partir da ferrugem. E análogo a esse pensamento, EM19, apenas expressou uma compreensão da corrosão a partir da observação externa, como a deterioração, mas sem explicar o motivo ou a circunstâncias que tal fato ocorreu. Para Duhem (2002), Para Le Grand (1975) e Stavridou e Solomonidou (1989), essa característica de destruição da matéria sempre esteve ligada ao conceito de reações químicas, apesar de ratificar uma visão intuitiva de que as substâncias se decompõem ou se destroem ou até mesmo desaparecem, tendo em vista a reflexão apenas macroscópica dos processos.

Por fim, no que diz respeito a Zona7, verificamos o modo de pensar reações **químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)** nas respostas de variados discentes, e aqui foram representadas pelas falas de EM5 e EM14, Quadro 10. Destarte, na fala de EM5, ele menciona três tipos de corrosões, que ocorrem por conta do meio em que os materiais são expostos, colocando que pode ser uma corrosão eletrolítica, química e eletroquímica, apontando uma visão científica para uma reação química. Já EM14, considerou que a corrosão é

provocada pela transferência de elétrons de um reagente para outros, e tal fato que permite a oxidação dos metais, por exemplo.

Quinta Pergunta - Afirmativa C

Sobre a terceira afirmativa da quinta pergunta, os estudantes foram questionados sobre o envelhecimento da pele com o passar dos anos. A seguir, no Quadro 11, exporemos as zonas que foram observadas.

Quadro 11: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a quinta pergunta – Afirmativa C

O que você acha que ocorre quando: A pele fica envelhecida com o passar dos anos	
ZONAS	Exemplos
	“ Transformação física , pois há a degeneração de tecidos por conta da falta de produção de certas substâncias”. (EM30)
Zona2	“Com o passar do tempo vamos perdendo água , ocasionando uma pele mais seca e a pele perde elasticidade ”. (EM9)
	“Porque, a partir do passar do tempo nossa pele vai perdendo algumas de regeneração provocando alguns problemas genéticos provocando o envelhecimento humano ”. (EM16)
Zona3	“Que as células não tem o mesmo vigor de antes assim não conseguem se firmes”. (EM28)
Zona4	“Ela fica crespa, enrugada ”. (EM25)
Zona5	“A diminuição da produção do colágeno torna a pele mais mole, com isso surgem também manchas e rugas”. (EM1)
	“ Falta de produção de colágeno . E a pele ao decorrer da vida vai absolvendo diferentes gases e substâncias que diminuem o rejuvenescimento ”. (EM10)
Zona6	A sua pele fica flácida por conta da diminuição da produção de colágeno, além do surgimento de manchas e rugas. Esse acúmulo de danos também pode provocar sérias doenças de pele . (EM4)
Zona7	“Com a idade avançada, o ácido hialurônico diminui, esse ácido é o que hidrata e dá elasticidade á pele , com a falta do mesmo, a pele fica desidratada, a pela fica flácida, forma rugas, sulcos e também a perda de luminosidade ”. (EM20)
	“ Pela perca do colágeno da pele , substância responsável pela elasticidade da pele”. (EM21)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme expomos no Quadro 11, averiguamos a ocorrência das 7 zonas do perfil conceitual de reações químicas, e dentre elas, a Zona2 e Zona5, emergiram na maioria das respostas dos estudantes. Em observância a Zona1, **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, EM30, aponta que ocorre na pele uma transformação física, ratificando uma concepção generalista, em que não considera as transformações químicas que estão atreladas a esse processo no corpo humano. Ainda nesse

trecho de fala, quando EM30 cita que o envelhecimento é a “degeneração de tecidos por conta da falta de produção de certas substâncias”, percebemos também uma fala híbrida que reúne mais de um modo de pensar (DINIZ JÚNIOR; SILVA; AMARAL, 2015), e nesse caso está alinhado à zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona 4)**, pois reconhece a degeneração externa, aquilo que é passível de se observar, mas não sabe explicar quais substâncias ou processos que podem corroborar sobre a pele degenerar, e assim fica abalizada em uma compreensão intuitiva.

Em relação as falas de EM9 e EM16, Quadro 11, elas representam uma das zonas que mais emergiu nas respostas dos estudantes acerca da afirmação C, da quinta pergunta, em que o conceito de reação química é alinhado ao modo de pensar **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**. Com isso, EM9 expõe que o envelhecimento da pele é um processo natural, que faz parte da natureza humana, pois com o passar do tempo há diminuição de água, e isso, parece fazer parte de uma crença ou entendimento maior para dizer que a pele perde a elasticidade. Ainda na fala de EM9, verificamos indícios da zona, **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, pois quando o discente se restringe aos registros que podem ser percebidos externamente, como pele seca, pele sem elasticidade, e isso confirma no pensamento híbrido ligado a uma crença que isso acontece por conta de uma lei natural sobre o envelhecimento, e que pode ser visualizado macroscopicamente. EM16, elucida que o envelhecimento é algo que tem que acontecer, mas ao mesmo expressa que as reações químicas que provocam o envelhecimento, impedem a regeneração, provoca problemas genéticos, como se esse processo natural trouxesse implicações negativas a vida do ser humano. Por isso, ainda na fala de EM16, podemos verificar indícios de um pensamento híbrido, pois os problemas genéticos, se demonstram como implicação ruins das reações químicas, exibindo características do modo de pensar **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**.

Na fala EM28, quando o estudante explica sobre o que está acontecendo quando a pele vai envelhecendo, observamos a atribuição de uma característica animista acerca das células que provocam sua flacidez, ou seja, ao afirmar que as células não tem o mesmo vigor, que entendemos por vitalidade ou desejo de viver, o que se aproxima do modo de pensar **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**.

Conforme aludimos anteriormente, a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)** emergiu de forma híbrida, mas também observamos na fala de EM25, Quadro 11, na qual expõe que o envelhecimento deixa a pele crespa, enrugada, ou seja, as reações químicas que acontecem na pele são vinculadas a percepção em uma ótica

intuitiva, o que nos confirma o poder pragmático dessa zona, pois mesmo os estudantes colocados a tecer uma explicação baseadas nos processos químicas, trazem em seu discurso a valorização das questões sensoriais para explicar uma reação química.

EM1 e EM10, Quadro 11, manifestaram concepções interligadas a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, pois, para EM1, o envelhecimento é explicado a partir do processo da diminuição da produção de colágeno, que quando ocasionado apresentam resultados como manchas e rugas. Semelhantemente, EM10, elucida que isso ocorre por conta da falta de produção colágeno, mas aponta que fatores externos como absorção de gases, que pode até ser implicações de poluição, exposição ao sol e etc., provocam reações químicas que resultam no envelhecimento da pele.

Outra zona observada foi **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, em que EM4 reconhece as implicações científicas das reações químicas podem ser importantes para explicar o envelhecimento da pele, como por exemplo, a diminuição de colágeno pode provocar flacidez da pele, e os contínuos danos a pele como exposição ao sol sem proteção, por exemplo, podem provocar sérias doenças de pele, e sendo assim, esse modo de pensar permite entender algumas implicações das reações químicas, sejam eles benéficos ou maléficos a vida das pessoas.

Por fim, observamos a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, uma vez que para EM20, a ocorrência do envelhecimento está relacionada a diminuição do ácido hialurônico, que é o responsável pela hidratação e elasticidade da pele. Assim, a reação química na pele que está arrolado à produção do referido ácido, que é o que ajuda entender o envelhecimento, provocando flacidez, desidratação, rugas e perda de luminosidade da pele. Esse pensamento mais científico para explicar o envelhecimento é também exemplificado na fala de EM21, em que ele relaciona a perca de colágeno que é umas substâncias responsáveis pela elasticidade da pele.

Sexta Pergunta - Item A

Na sexta pergunta abordamos sobre a conservação de alimentos e seus desafios, e no item A, buscamos saber o que os estudantes compreendiam acerca do processo de conservar alimentos utilizando o sal. A seguir, no Quadro 12, apresentamos os modos de pensar que foram identificados na referida pergunta.

Quadro 12: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a sexta pergunta – Item A

<p>Na Antiguidade, quando não existia energia elétrica e muito menos geladeira, as pessoas tinham o grande desafio de conservar os alimentos. Assim eram usadas várias técnicas, como a de</p>

defumar, salgar ou secar ao sol alguns alimentos. Em sua opinião, quais processos químicos acontecem quando se utiliza o processo de conservação de alimentos com o sal?	
ZONAS	Exemplos
Zona1	“Uma reação química de alimentos”. (EM26)
	“Ele abaixa o ponto de fusão e aumenta o ponto de ebulição fazendo com que o alimento dure mais”. (EM29)
Zona2	“O sal criar um ambiente hostil para a bactéria impedindo a decomposição natural”. (EM13)
	“Quando colocar sal na carne tira a água fazendo com que ele apodreça mais devagar”. (EM14)
Zona3	“O sal puxa água, fazendo com que o alimento perca essa água, dificultando assim a proliferação de micro-organismos”. (EM9)
Zona4	“Você bota bastante sal e ele controla o desenvolvimento dos componentes atrasando a decomposição”. (EM10)
	“O sal gera uma camada protetora conservando o alimento contra bactérias e fungos.” (EM24)
Zona5	“O processo de desidratação dos alimentos”. (EM19)
	“O sal irá retirar a água dificultando a proliferação de micro-organismos que iriam decompor esse alimento”. (EM28)
Zona7	“O sal cria um processo de osmose para gerar um ambiente livre da presença de água, pois quando há água existe a o crescimento de micro-organismos”. (EM1)
	“A adição de sal a um alimento desencadeia um processo de osmose, que faz com que a água passe de um ambiente com uma menor concentração de sal para um com maior concentração. Assim, o sal retira a água dos alimentos, inibindo o crescimento de micro-organismos.”. (EM5)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme exposto no Quadro 12, em relação as respostas dos discentes do Ensino Médio a sexta pergunta, item A, constatamos a emergência de 6 zonas, e dentre as quais houve maior prevalência da Zona5 e Zona7. No exemplo citado por EM26, apresentou uma classificação para o conceito, e disse que seria uma reação química de alimentos, de forma generalista, sugerindo que qualquer reação química explicaria o processo de defumação. De forma semelhante, EM29, trouxe informações de propriedades coligativas, como forma de explicar a conservação de alimentos, no entanto, não houve uma busca em esclarecer o motivo de ebulioscopia e crioscopia interferirem no processo de conservar alimentos, ratificando o uso pragmático a partir do realismo ingênuo na forma de explicar o conceito de reações químicas, relacionado a zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**.

No tocante ao exemplo expresso por EM13, a conservação de alimentos significa aplicar as reações químicas como forma de impedir a decomposição natural dos alimentos, e assim, deixa claro que existe uma lei natural que implica nos alimentos se decomporem, e o sal reage como forma de obstruir a proliferação de bactérias, e dessa forma, apresenta algumas

aproximações com a zona **químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**. Análogo a essa visão, EM14, confirma esse pensamento de processo natural, mas deixa claro que mesmo utilizando de reações químicas que conservam os alimentos, o apodrecimento, i. e., sua decomposição, é algo natural e inseparável do alimento, e dessa forma, a conservação apenas irá aumentar o tempo de vida dele.

Um registro interessante que observamos na fala EM9, na qual diz que, “o sal puxa água”, e assim, impediria a proliferação de microrganismos que podem levar os alimentos entrarem em decomposição. Hesse e Anderson (1992), também observaram particularidades semelhantes alinhadas ao conceito de reações químicas, em que alguns estudantes empregavam atributos animistas para o processo de uma reação química, tais como (a ferrugem) seria a forma de enfraquecer e remover uma camada de um prego; que o oxigênio “comeria” o metal e depois do desgaste ficaria mais fino, ou seja, existe um valor pragmático que comprova a zona **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**.

Em relação a fala de EM10, o estudante explica que o uso do sal para conservar o alimento é uma forma de atrasar a decomposição, então, há uma compreensão sobre decomposição, mas sua percepção imediata aponta que basta “botar” bastante sal que a conservação acontece, o que nos permite perceber que são explicações de experiências cotidianas que dão significado a sua explicação. EM24 também assinala a existência de uma “uma camada protetora” em uma ótica sensorial, isto é, sugerimos que ele possivelmente enxerga macroscopicamente e isso implica em conservação de alimentos. Sendo assim, essas concepções corroboram uma forma pragmática de explicar fenômenos que envolvem o conceito de reações químicas, mas sem existir um esforço para tecer explicações científicas, pois essa forma de pensamento é suficiente para explicarem fatos de determinados contextos, se conectam a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**.

E no que tange as falas dos discentes de EM19 e EM28, Quadro 12, percebemos indícios do modo de pensar **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**. Desse modo, apesar da breve resposta, EM19, deixa claro que o uso do sal na conservação dos alimentos diz respeito ao procedimento prático que procede na desidratação dos alimentos, apontando um pensamento científico de um processo empírico. EM28 também explana que “o sal irá retirar a água dificultando a proliferação”, fazendo alusão a um procedimento técnico experimental que também foi percebido por Silva (2008) e Weinrich e Talanquer (2015). Mas além disso, quando EM19 cita o sal irá retirar, também está atribuindo

características animistas para o sal o que nos sugere uma fala híbrida, atrelada também a zona **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**.

E no que se refere ao exemplo de EM1, o discente reconhece que o sal cria um processo de osmose, e especificando que tal procedimento conserva os alimentos já que na sua visão sem a presença da água não ocorrerá crescimento de microrganismos. EM5 também confirma esse pensamento e deixa claro a existência de um valor pragmático cunhado em interpretações mais científicas sobre o conceito de reações químicas. Por isso, EM5, destaca que o uso do sal desencadeia um processo de osmose, e com diferentes concentrações, e que isso possibilita a conservação dos alimentos e inibe o crescimento microrganismos, demonstrando a zona de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

Sétima Pergunta

Na sétima pergunta, trouxemos um questionamento para que os estudantes explicassem o que ocorreria quando uma garrafa de refrigerante gaseificado fosse aberta. A seguir, no Quadro 13, exibimos as zonas que foram identificados.

Quadro 13: Respostas dos estudantes do Ensino Médio a primeira pergunta

O que você acha que ocorre quando abrimos uma garrada de refrigerante gaseificado?	
ZONAS	Exemplos
Zona4	“É liberado o gás carbônico presente na sua composição, fazendo o barulho característico ”. (EM15)
	“O gás sobe causando as bolinhas que a gente vê no refrigerante”. (EM4)
Zona5	“Se muito chacoalhada a um aumento de pressão do gás o que faz ele sair todo quando você abre se não a pressão não é grande e abre normalmente com uma liberação de gás ”. (EM18)
	“O gás é liberado para fora. Por causa da pressão presente dentro da garrafa, quando a tampa é aberta e a garrafa se abre a pressão diminui permitindo liberar o gás presente dentro da garrafa”. (EM19)
Zona7	“Se formam bolhas de gás carbônico na bebida. Pois ao abrimos a garrafa boa parte do CO₂ da fase gasosa escapa. Isso diminui a pressão desse gás sobre o líquido e, conseqüentemente, reduz a solubilidade do CO ₂ ”. (EM5)
	“Quando abrimos um refrigerante, ele perde grande parte do seu CO₂, que estava dissolvido na solução , sendo assim liberados”. (EM20)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme ilustrado no Quadro 13, perfilhamos a emergência de três modos de pensar acerca do conceito de reações químicas, mas salientamos que a Zona5 foi a mais presente na fala dos estudantes. Assim, no tocante a Zona4 em que as **reações químicas compreendidas a**

partir de sensações e afetividades (Zona4), observamos nos exemplos de falas de EM15 e EM28 registros característicos concernentes a percepções e interpretações intuitivas. Com isso, EM15, primeiramente reconhece a liberação de gás carbônico, que a *priori* está atrelada a **Zona5**, e tal falta exhibe um pensamento híbrido unindo mais de um modo de pensar. Todavia, o compromisso a partir de uma perspectiva mais sensorial foi evocado, na qual para atribuir um barulho, ou seja, um som como forma de compreender e explicar a ocorrência de uma reação química. EM4 também expôs essa linha de pensamento, mas atribuindo a percepção sensorial e intuitiva para explicar o conceito de reações químicas a partir do gás como bolinhas que podem ser visualizadas quando o refrigerante é aberto.

Em relação as falas dos estudantes de EM18 e EM19, Quadro 13, que se enquadram com a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, EM18 cita a agitação e aumento de pressão do gás, como um dos motivos para verificar a ocorrência liberação de gás, nesse sentido, há uma compreensão do processo e também da evidência a partir do gás liberado. E semelhantemente, para EM19, expressa uma descrição de caráter prático, aludindo acerca da pressão presente no interior da garrafa, que quando aberta resulta na liberação de gás.

E por fim, as falas de EM5 e EM20, Quadro 13, evocam a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**. No exemplo expresso por EM5, o estudante menciona acerca das bolhas e detalha sobre o gás carbônico que é liberado como CO_2 , indo além de exibição de um gás, pois deixa claro em seguida que tal fato ocorre em detrimento da pressão e alteração de solubilidade, confirmando o cunho científico para explicar a reação química de liberação do gás do refrigerante. EM20, também explana que a ação de abrir o refrigerante, provoca a liberação de CO_2 que estava inicialmente dissolvido na solução, assim, o pensamento científico para relacionar o conceito de reações químicas além de reconhecer o tipo de gás liberado, busca compreender os processos, fatores e propriedades que permite explicar de forma detalhada os processos envolvidos na liberação de gás de uma garrafa de refrigerante.

Portanto, a partir da discussão expressa nessa seção e considerando as respostas dos estudantes do 2º ano e 3º ano do Ensino Médio acreditamos que conseguirmos elementos necessários que validam cada zona proposta para o perfil conceitual de reações químicas. Nesse sentido, ao verificarmos a emergência da zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, observamos que existe um valor pragmático nas falas dos discentes ao tratar qualquer mudança como se fosse uma reação química, e até mesmo algumas confusões em explicar uma transformação física como sendo

química. Assim, apesar de não trazer uma aproximação com as inferências científicas, tem uma representatividade no discurso social, conforme também observado por Solsona, Izquierdo, Jong (2001), Silva (2008), Bernardelli (2014).

No tocante as nossas observações acerca da zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, constatamos que esse modo de pensar está abalizado em um valor pragmático a partir de crenças que resulta da existência de uma lei universal ou lei natural, e por isso, as reações químicas são tratadas como algo natural ou processo que próprio das dos reagentes. Diante disso, em diferentes momentos aos estudantes discorrem sobre corrosão, envelhecimento de pele, e etc., e que tudo isso é provocado por um processo natural e que tem de acontecer, mesmo que ações sejam realizadas para impedir, como por exemplo, conservar alimentos. Dessa forma, essa zona tem uma expressividade nas falas de estudantes, um significado bastante arraigado nas impressões dos indivíduos e confirma algumas outras observações realizadas por Duncan (1970), Bolzan (1976), Lopes (1995), Powers (2014) e Dufault (2015).

Já no que tange à zona **reações químicas como algo vivificado (Zona3)** seu valor pragmático está pautado na inserção de atributos humanos para substâncias, reagentes e que essas características influenciam diretamente a ocorrência de uma reação química. Nesse sentido, averiguamos que as algumas particularidades humanas fazem parte do discurso social para explicar a ocorrência de uma reação química, tendo em vista que para diferentes estudantes existe a possibilidade de haver ataque entre os reagentes, ou que eles retirem ou puxem aquilo que precisam para fazer com que a reação seja finalizada, ou até mesmo que os reagentes envelheçam e percam seu vigor de vida. Por isso, na fala dos discentes percebemos que esse modo de pensar e forma de falar tem um sentido muito forte para explicarem as reações químicas, que também foram constatadas por Duncan (1970), Mortimer e Miranda (1995) e Rosa e Schnetzler (1995).

Em relação à zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, apuramos que ela reúne concepções sobre o conceito de reação química a partir de explicações superficiais atreladas a características sensoriais ou afetivas. Assim, verificamos nas falas dos estudantes que o valor pragmático desse modo de pensar está ancorada em explicações intuitivas, em que a percepção tem uma importância maior, além do processo que tenha ocorrido. Por isso, para muitos estudantes sentir o calor, ouvir barulhos, observar características externas, inferir sobre destruição, desaparecimento ou deterioração, constatar sabores e cheiros são questões bem enraizadas no discurso deles para explicitarem o conceito de reações químicas. Vale ressaltar que não há um abandono acerca do conhecimento científico,

mas que, em determinados contextos essa explicação dar conta do que o estudante quer explicar. E tais fatos, corroboram com os estudos também desenvolvidos por Andersson (1986, 1990), Hesse e Anderson (1992), Boo (1998), Tsaparlis (2003), Machado Jr. et al. (2006) e Silva (2008).

Sobre a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, constatamos que é bastante expressiva no discurso dos estudantes do Ensino Médio, e acreditamos que se deve do conceito de reações químicas está intensamente conectado as questões práticas experimentais, detalhamentos de ações empíricas e explicações de processos a partir de evidências. Perante essas questões, a partir das falas dos estudantes o valor pragmático dessa zona é significado a partir de interpretações de processos práticos, observações de alterações de composições, descrições experimentais, registros de evidências abocados a explicações científicas como forma de explicar o conceito de reações químicas. Assim sendo, nesse modo de pensar há uma aproximação do conhecimento científico, mas a partir da valoração dos processos descritivos experimentais, conforme também verificado por Trenn (1974), Andersson (1986, 1990), Machado Jr. et al. (2006) e Silva (2008).

Já a zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)** confirmamos que essa tem um compromisso pragmático em que os estudantes valoram o conhecimento científico, mas também o discute a partir de suas aplicações e utilidades. Nesse pensamento, por meio das falas dos estudantes observamos que o valor pragmático para essa zona se apoia na utilidade que as reações químicas apresentam na vida das pessoas, mas também para ajudar o meio ambiente, todavia, outro ponto que foi percebido é que as reações químicas podem causar prejuízos, problemas de saúde e serem danosas quando não aplicada de forma responsável. Torna-se válido ressaltar, que essas ideias estão atreladas aos contextos que as perguntas abordaram no questionário. Mas de toda forma, nossos resultados confirmam algumas reflexões observadas por Pfundt (1982), Stavridou e Solomonidou (1989), Vos e Verdonk (1987) e Shumer (2004).

Por fim, sobre a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, asseveramos que muitos estudantes tem um cuidado em explicar o conceito de reações químicas a partir de um pensamento científico que os permitem modelar suas inferências a partir de definições e modelos representativos. Então, por meio dos registros dos educandos do Ensino Médio, consideramos que o valor pragmático desse modo de pensar, a partir dos contextos explorados nas questões do questionário está alinhado a formação de novas substâncias, classificação e representação por meio de equações, reações químicas a partir de implicações submicroscópica e processos energéticos. Assim sendo, esse modo de pensar foi

bastante presente na fala dos estudantes, e isso se justifica por conta de sua importância para o contexto científico escolar, conforme também identificado por Solsona, Izquierdo, Jong (2001), Silva (2008), Bernardelli (2014), Ahtee, Varjola (1998), Yan e Talanquer (2015), Weinrich e Talanquer (2016), Caamaño e Marchán (2021).

6.3.2 Análise da Sequência Didática com licenciandos em Química

Nesta subseção apresentamos os dados obtidos por meio da aplicação de uma sequência didática com licenciandos em Química, realizada em aulas remotas de uma universidade pública do Recife, em detrimento da pandemia da covid 19 (coronavírus *SARS-CoV-2*). E por conta disso, grande parte de nossos dados foram construídos por meio da aplicação de questionários e uso de situações problematizadoras durante a SD, a partir de registros escritos dos licenciandos.

A partir dos registros escritos conseguimos um conjunto de dados densos e significativos, que nos ajudaram tanto a validar as zonas, a partir do objetivo de aplicação do primeiro questionário com os licenciandos, como analisar a emergência dos modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas a partir de diferentes contextos, tais como: por meio do debate em aula subsidiados por vídeos, sendo que o Vídeo 1 abordou o contexto histórico do conceito de reações químicas, e o Vídeo 2, discussões sobre o conceito de reações químicas aplicado a situações do dia a dia. Além disso, foi feita discussão em uma aula sobre artigos que tratavam de concepções de estudantes sobre reações químicas, o que nos possibilitou levantar dados sobre questões acerca desse conceito, por meio de um questionário. Por fim, os estudantes/licenciandos foram solicitados a elaborar relatórios com discussão sobre situações problematizadoras disponibilizadas, abordando as temáticas da acidez estomacal e do funcionamento e uso de pilhas e suas implicações científicas e sociais.

Nesta seção, iremos apresentar a análise desses dados a partir de perguntas e falas representativas, para cada questionário referente as atividades de responder a perguntas relacionados ao conceito de reações químicas, assistir vídeos e analisar situações problematizadoras. Assim, ilustrando os modos de pensar que foram mais expressivos em cada pergunta, levando em consideração os objetivos de cada etapa da pesquisa.

6.3.2.1 Concepções iniciais dos licenciandos sobre reações químicas

Os dados que iremos apresentar nesta subseção, ajudam no processo de validação e compreensão dos modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas. E de acordo com Mortimer e El-Hani (2014), esse processo de análise auxilia no entendimento dos domínios ontogenético e microgenético que nessa fase da pesquisa emergiram das falas de estudantes de um curso de Licenciatura em Química. No Quadro 14, ilustramos a síntese das respostas dos discentes ao primeiro questionário que teve por objetivo analisar as concepções dos licenciandos sobre o conceito de reações químicas.

Quadro 14: Síntese das respostas dos licenciandos ao questionário que investigava concepções

Questionário – Concepções dos Licenciandos	
Pergunta 1 - O que você entende por transformações químicas ou reações químicas? Dê exemplos	
ZONAS	Exemplos
Zona4	“São processos de mudanças na natureza da matéria. Ex: escurecimento na maçã um tempo após ser cortada ”. (LQ13)
Zona5	“Um objeto que muda suas propriedades iniciais. Exemplo, quando pego uma folha de papel e ponho fogo, daí ela mudou toda sua estrutura inicial ”. (LQ6)
Zona7	São reações que se dão por interação entre os átomos, ex: $Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$ (LQ1)
Pergunta 2 - Que tipos de reações químicas você conhece? Dê exemplos.	
ZONAS	Exemplos
Zona 7 Zona4	“ Síntese, decomposição, deslocamento e dupla troca . Exemplos do dia a dia: liberação de calor – combustão, mudança de cor – quando se corta uma maçã, mudança de odor – apodrecimento de alimentos liberação de gás – comprimido efervescente em água ”. (LQ4)
Zona5	“[...] Reação de precipitação, onde a formação de um sólido .” (LQ8)
Zona7	Reação de adição, de substituição, de dupla troca e de simples troca . Ex. Reação ácido-base/neutralização, esterificação, saponificação, combustão, oxirredução, etc. (LQ11)
Pergunta 3 - Como você poderia explicar o que acontece no interior de uma pilha? E o que se observa quando uma pilha fica guardada muito tempo em um aparelho eletrônico?	
ZONAS	Exemplos
Zona2	A pilha pode estourar dentro do aparelho porque ocorre liberação natural de gás hidrogênio que é extremamente inflamável.” (LQ11)
Zona 7 Zona4	“ Uma série de reações redox (Oxirredução) , o funcionamento depende de quais componentes ela é feita, alcalinas, de lítio... A pilha estoura . (LQ14)
Zona5	Com o passar do tempo, componentes químicos dentro da pilha entram em combustão devido a uma série de fatores e reações liberando gás hidrogênio o que faz com que a capa de metal seja expandida e entre em corrosão. (LQ5)
Zona7	“No interior de uma pilha ocorre reações de oxi-redução , onde o eletrodo positivo é chamado de cátodo/reação de redução e o eletrodo negativo é o ânodo/reação de oxidação.

	Quando uma pilha fica guardada muito tempo dentro de um aparelho ocorre processos oxidativos entre a pilha e componentes metálicos do aparelho” (sic). (LQ9)
Pergunta 4 - Quando uma pessoa tem azia (acidez estomacal), em geral, ela toma um antiácido para diminuir o desconforto estomacal. Você poderia explicar a ação do antiácido no estômago? O que poderia ocorrer se essa pessoa tomasse limão ou leite para passar a azia? Explique sua resposta.	
ZONAS	Exemplos
Zona7 Zona1	“O antiácido irá neutralizar o ácido estomacal. O leite por ser alcalino também neutralizaria, reduzindo o desconforto”. (LQ12)
Zona6 Zona7	“Os antiácidos neutralizam o ácido estomacal. O limão dependendo da concentração poderia ajudar sim, nivelando a acidez estomacal e o leite poderia até mesmo agravar a situação”. (LQ10)
Zona7	“O antiácido, formados por compostos básicos, servirá para reagir com o ácido presente no estomago, formando um sal, ou seja, diminuindo a acidez. Já o limão deslocaria o equilíbrio da reação de formação desse ácido (HCl) no sentido dos reagentes, diminuindo assim a oncentração de H ⁺ , causador da acidez”. (LQ14)
Pergunta 5 - O que você acha que ocorre quando:	
Afirmativa A - Há corrosão de materiais	
ZONAS	Exemplos
Zona3	“A corrosão de materiais é causada por reações de oxirredução, onde, normalmente, o material é atacado pelo meio onde se encontra (umidade, maresia, água...), causando o desgaste do material formação produtos de oxidação”. (LQ9)
Zona5	“Há uma reação química na presença de oxigênio em que há diminuição ou aumento da massa da espécie inicial por oxirredução”. (LQ11)
Zona7	“A corrosão é um processo de oxidação daquele material. (LQ1)
Afirmativa B - Um papel fica amarelado ao longo do tempo	
ZONAS	Exemplos
Zona2	“À medida que o tempo passa, o calor e a luminosidade provocam alterações na estrutura química da celulose”. (LQ15)
Zona5	“Pois há degradação da celulose através dos fatores externos, como temperatura, luz e afins, alterando sua estrutura”. (LQ1)
Zona7	“Oxidação da lignina”. (LQ16)
Afirmativa C - A pele fica envelhecida com o passar dos anos	
ZONAS	Exemplos
Zona2 Zona6	“Naturalmente com o passar dos tempos as células que compõem a pele vão oxidando, o que acontece na velhice é que o organismo já não consegue repor as células com a mesma velocidade que na juventude, tendo portanto um maior quantitativo de células oxidadas” (sic). (LQ8)
Zona3	“A reação com os radicais de oxigênio durante a respiração que consomem as moléculas”. (LQ18)
Zona4	“Perda de elasticidade...”. (LQ4)
Zona5	“Temos uma redução na produção de alguns componentes, como lipídios, colágenos e outros compostos”. (LQ1)
Zona7	“Ocorrem reações de oxidação causada pela presença de radicais livres na pele”. (LQ7)
Afirmativa D - As frutas amadurecem ou apodrecem	

ZONAS	Exemplos
Zona7 Zona5	“As reações que levam à fase de amadurecimento do fruto se dão pela ação do gás etileno, que atua como um hormônio para as células vegetais e está presente desde a casca até seu o interior. Nem todo o etileno produzido nas células é utilizado, pois parte do gás é liberado na atmosfera. Por isso se o fruto for armazenado num recipiente fechado, ou envolvido com plástico, retendo-se o gás, seu amadurecimento é acelerado.” (LQ4)
Zona7	“Ocorre reação de oxidação devido o etileno, responsável pelo rompimento das fibras do fruto, quebra do amido e da celulose”. (LQ3)
Pergunta 6 - Na Antiguidade, quando não existia energia elétrica e muito menos geladeira, as pessoas tinham o grande desafio de conservar os alimentos. Assim eram usadas várias técnicas, como a de defumar, salgar ou secar ao sol alguns alimentos. Em sua opinião, quais processos químicos acontecem quando se utiliza o processo de conservação de alimentos com o sal?	
ZONAS	Exemplos
Zona5	“O sal remove a água dos alimentos inibindo assim a atividade microbiana responsável pelo processo de degradação do alimento”. (LQ8)
Zona7	“Quando adicionamos sal em um alimento criamos um processo osmótico, que faz a água transitar do ambiente de menor concentração de sal, para um maior, dessa forma inibimos a concentração de microrganismos, os quais não sobrevivem em um ambiente com alta pressão osmótica”. (LQ1)
Item B - Você sabe como é processo de defumação? Como você explicaria os processos químicos da defumação?	
ZONAS	Exemplos
Zona4	“É o processo de expor alimentos à fumaça com o objetivo de conservar ou mudar o sabor do alimento”. (LQ11)
Zona7	“O processo de defumação envolve expor o alimento a fumaça em altas temperaturas, essa fumaça contém ácidos, álcool, hidrocarbonetos que atuam combatendo bactérias e retardando a oxidação” (LQ2)
Pergunta 7- O que você acha que ocorre quando abrimos uma garrafa de refrigerante gaseificado?	
ZONAS	Exemplos
Zona5 Zona4	“Ocorre a liberação de gás carbônico, fazendo com que o refrigerante adquira um sabor mais adocicado [...]”. (LQ11)
Zona5	“O gás que foi pressurizado na garrafa e forçado a uma solução supersaturada se desprende do líquido e liberada”. (LQ18)
Zona7	“Ocorre a liberação de dióxido de carbono, um composto gasoso que estava dissolvido no refrigerante pelo processo de alta pressão”. (LQ13)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos verificar no Quadro 14, em relação a primeira pergunta, verificamos que os licenciandos em Química, apresentaram três diferentes modos de pensar. A primeira zona observada foi de **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, na qual LQ13, enfatizou o escurecimento da maçã após ser cortada, o que destaca um

modo de pensar em que as reações químicas são ancoradas e explicadas a partir da percepção macroscópica.

Já LQ6, Pergunta 1, Quadro 14, expôs uma explicação que valoriza a interpretação e o detalhamento prático a partir da descrição da queima de uma folha de papel. É interessante percebermos que LQ6, além de reconhecer o processo empírico, deixa claro a mudança das propriedades, e por isso, exemplifica que após a queima do papel há a alteração da estrutura das substâncias utilizadas inicialmente, o que ratifica a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**.

Sobre a **Zona7, reações químicas compreendidas como modelo explicativo**, sendo este o mais expressivo nas respostas dos licenciandos de Química a primeira pergunta. Notamos que a maioria dos sujeitos apresentaram suas ideias a partir da compreensão de interações de átomos, como modelo de explicação para o conceito de reação química. E a partir do exemplo de fala de LQ1, Pergunta 1, Quadro 14, a representação de uma equação química, ratificando um dos principais pensamentos que aporta a Zona7 do perfil conceitual de reações químicas, a partir suas diferentes formas de representações.

A respeito da Pergunta 2, Quadro 14, podemos observar que houve a emergência de modos de pensar, que foram representados pelas falas de LQ4, LQ8 e LQ11. Assim, no início da fala de LQ4, verificamos que se trata de uma fala híbrida, i. e., com mais de uma zona, pois quando cita sobre “Síntese, decomposição, deslocamento” enuncia parcialmente o modo de pensar a partir de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, no tocante a classificação das reações químicas. Mas também verificamos a **Zona4**, nominada de **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades**, em que ao LQ4 responder os tipos de reações químicas que ele conhece, sua fala levou em consideração explicações a partir questões sensoriais, a partir de cor e odor. E ainda na fala de LQ4, quando a discente cita sobre o “apodrecimento de alimentos liberação de gás – comprimido efervescente em água”, mesmo considerando os importantes exemplos citados, sobre apodrecimento de alimentos e comprimido efervescente, que demonstra reconhecer algumas ideias que inferem o conceito de reações químicas, seu discurso apregoa-se em fator abalizados na percepção e sensação, como forma norteadora e fundante para explicar uma reação química.

Na fala de LQ8, Pergunta 2, Quadro 14, observamos também a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, pois, o estudante ao explicar um tipo de reação química trouxe um exemplo que está conectado a uma visão científica, a reação de precipitação, mas também destacou a evidência para realmente provar a ocorrência dessa reação, que seria a formação de corpo de fundo a partir de um sólido. E ainda

na Pergunta 2, na resposta de LQ11, percebemos que a forma dela explicar e exemplificar um tipo de reação química, apresenta um pensamento totalmente volta a formas de classificação, que é bastante utilizado no contexto de ensino de Química, se ancorando na zona de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, foi a zona que predominou nas respostas dos licenciados para essa pergunta.

Na Pergunta 3, Quadro 14, foi representada pelas respostas de quatro licenciandos, exemplificando diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas. Destarte, na fala de LQ11, ao explicar o que acontece no interior da pilha após ser guardada durante algum tempo, o discente explicita que a pilha tanto estoura quanto libera um gás, no entanto, a partir de sua resposta, fica evidente que esse fato ocorre de forma natural, não atribuindo fatores para justificar tal ocorrência, mesmo considerando a liberação de gás hidrogênio e sua inflamabilidade, deixa claro que se trata de um evento natural intrínseco da pilha, e por isso, se alinha a zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**.

Já na fala de LQ14, Pergunta 3, Quadro 14, observamos uma fala híbrida, que duas zonas, a primeiras **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, quando detalha a oxirredução e seus componentes, e ao final evoca a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, pois explica o que se pode verificar de forma perceptiva, isto é, a partir do estouro. E ainda na Pergunta 3, Quadro 14, LQ5, concede uma resposta que exemplifica a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, tendo em vista que caracteriza o processo químico em uma ótica descritiva experimental explicando que os componentes dentro da pilha entram em combustão a partir de diferentes fatores, ou seja, existe um processo que permite explicar a ocorrência de uma reação química que é evidenciada pela liberação de gás hidrônio. É interessante percebermos que no contexto do ensino de Química, essa forma de explicação é bastante recorrente conforme aponta Ahtee e Varjola (1998), Tsaparlis (2003), Stains e Talanquer (2008) e Yan e Talanquer (2015). E LQ9, Pergunta 3, Quadro 14, em sua resposta representativa esboça o pensamento científico guiado pela classificação reacional, trazendo um detalhamento acerca do processo interno da pilha, e seus processos oxidativos, alinhado à zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

No que diz respeito a Pergunta 4, Quadro 14, constatamos a manifestação de duas zonas. No entanto, na resposta de LQ12, verificamos a emergência de um modo de pensar híbrido, uma vez que há uma compreensão de que o papel do antiácido é neutralizar o ácido estomacal, que se enquadra na zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo**

(Zona7). Mas também, na mesma fala de LQ12, há um indício da zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, já que a estudante de Química deixa claro que uma substância alcalina neutraliza, mas generaliza sobre o papel do leite na redução do desconforto estomacal, o tratando como um reagente alcalino, sendo este ácido, todavia, para nós essa parte da fala se apoia em um realismo ingênuo, em que nas experiência de LQ12, o leite é tratado com uma base e mesmo o processo de instrução acadêmica não o ajudou a refletir sobre essa diferença.

Agora, em relação a resposta representada por LQ10, Pergunta 4, Quadro 14, registramos a zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, pois, a licencianda explica que o limão é algo útil para auxiliar no nivelamento da acidez estomacal, e também sobre o agravamento da acidez a partir do leite, caso ele viesse a ser consumido seria maléfico ao ser humano. E ainda na fala de LQ10, observamos indícios de uma fala híbrida, em que há uma manifestação de um pensamento científico ao elucidar sobre a ação dos antiácidos neutralizarem o ácido estomacal, o que poderia representar inferências que se aproximam da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

LQ14, Pergunta 4, Quadro 14, também elucidou que o antiácido diminuiria a acidez, e incorporou na sua discussão relações acerca do equilíbrio da reação química ocorrida no estômago explicando que “limão deslocaria o equilíbrio da reação de formação desse ácido (HCl) no sentido dos reagentes, diminuindo assim a concentração de H⁺, causador da acidez”, apresentando, por sua vez, um modo de pensar atrelado a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, cujo este foi o mais expressivo nas falas dos nossos sujeitos.

E sobre a quinta pergunta, afirmativa A, Quadro 14, observamos a prevalência de zonas para o conceito de reações químicas. O indicativo da primeira zona foi **reações químicas como algo vivificado (Zona3)** representado pela resposta de LQ9, em que para ele a ocorrência da corrosão é provocada pelo ataque da água, que acaba gerando o desgaste dos materiais. Assim, é interessante observarmos a fala de LQ9, que o licenciando reconhece as reações de oxirredução e os produtos da oxidação, e emprega uma linguagem que é comum no meio acadêmico, em termos de uma substância atacar outra em um processo, mas para nesse contexto apresenta indícios da Zona 3.

Já a segunda zona que emergiu foi de **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**. Vale salientar que este foi o segundo mais presente na fala dos licenciandos, e foi representado pela resposta de LQ11, Pergunta 5 –

Afirmativa A, Quadro 14, ao explicar que na corrosão ocorre uma reação química a partir do oxigênio, e que pode ser evidenciado a partir do aumento da massa, como forma de comprovar e também esclarecer a ocorrência da oxirredução. E por fim, a terceira zona foi de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, ilustrado na fala de LQ1, em que caracteriza a corrosão como o processo de oxidação do material, expondo seu ponto interpretativo em uma ótica racional a luz da Ciência, análogo a maioria dos sujeitos que responderam essa questão.

E em referência a quinta pergunta, afirmativa B, emergiu três zonas concernentes ao perfil em discussão que foi expressa no Quadro 14. No que toca a primeira zona verificada, **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**, LQ15 explicou que o papel fica amarelado ao longo do tempo, por conta do calor e da luminosidade, mas isso ocorre a partir de um processo natural, como dito por ele, à medida que o tempo passa. Nessa fala também percebemos que as reações químicas que são provocadas pelo calor e luz, são processos que acontecem naturalmente, independentemente dos fatores química, e por isso, a estrutura química da celulose se altera.

Quanto a segunda zona observada, **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, Pergunta 4, afirmativa B, LQ1, representa o modo de pensar que foi mais expressivo nas falas dos licenciados, no qual o amarelado do papel se dá em detrimento de fatores externos, como temperatura e luz, os quais influenciam na ocorrência das reações químicas que alteram a estrutura da celulose, e pode ser evidenciado pela sua degradação. E sobre a fala de LQ16, a licencianda diretamente aponta que o amarelado do papel ao longo do tempo é ocasionado pela reação química da oxidação da lignina, e confirmando assim a concepção guiada pela zona, **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

No que concerne a quinta pergunta, afirmativa C, observamos a presença de 4 modos de pensar nas respostas dos licenciandos, conforme apresentado no Quadro 14. Na resposta ilustrativa de LQ8, o processo de envelhecimento está relacionado a um processo que oxidativo que ocorre naturalmente, assim, apresenta o pensamento de que as reações químicas que provocam a oxidação das células, é algo inseparável do ser humano, e dessa forma, desconsidera totalmente os fatores que podem contribuir, apenas justifica que com o passar dos tempos e com a velhice isso tem que ocorrer, e envelhecer é algo natural, o que nos sugere inferir em aproximações com a zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**. E ainda na fala de L8, também observamos o indicativo da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**,

quando ocorre uma descrição de causa e mecanismo sobre o envelhecimento, e que a recomposição celular é um processo útil para as pessoas, pois ajuda na manutenção da juventude da pele.

Já na resposta de LQ18, o processo de envelhecimento ocorre, pois os radicais livres do oxigênio consomem as moléculas, de tal modo, reconhece a reação com radicais livres, no entanto, esses radicais ganham atributos humanos como se ele “comesse” as moléculas, e por isso ocorre o processo de envelhecimento, o que se alinha com os compromissos da zona **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**.

E ainda em relação a afirmativa C, Pergunta 5, Quadro 14, LQ4, também explica que a pele envelhece por conta da “perda de elasticidade”, ou seja, suas observações externas, mas sem uma justificativa, o que mostra que a reação de oxidação que ocorre na pele, se resume na elasticidade, e por isso, há indícios de se aproximar a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, mas não tão evidente. Mas o entendimento sobre o envelhecimento não se limitou a essas formas de pensar supracitadas, pois, na sua fala representativa de LQ7, o envelhecimento foi explicado por alguns estudantes como processo proveniente de reações de oxidação que é ocasionada pela presença de radicais livres, trazendo assim indícios da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

E no que se refere a última afirmativa da quinta pergunta, averiguamos apenas duas zonas do perfil conceitual de reações químicas. Sendo a primeira, **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, representa no Quadro 14, pela resposta de LQ4, que o amadurecimento é explicado pelo gás etileno, e deixa claro que, é um processo que ocorre diferentes reações químicas, sendo uma delas que o etileno é produzido nas células da fruta, e uma parte é liberada na atmosfera, e essa definição pode ser evidenciada, conforme o licenciando, se envolvermos algum plástico e retermos o gás e acelerarmos seu amadurecimento. A segunda zona que identificamos, e a mais expressiva nas falas dos estudantes foi **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, que também reconhece o etileno, mas elucida que o amadurecimento das frutas ocorre a partir da reação de oxidação, em que rompe as fibras do fruto, quebra o amido e a celulose, conforme visto na fala de LQ3.

Na sexta pergunta, item A, Quadro 14, semelhante ao item anterior, apenas identificamos duas zonas do perfil conceitual de reações químicas, nas falas dos licenciados em Química, que foram representadas por LQ1 e LQ8. Assim, na resposta de LQ8, o discente esclarece que o sal ajuda na conservação do alimento, pois ele “remove a água dos alimentos”, ou seja, a reação química é entendida por ele como processo que retirar a água para inibir a

atividade microbiana e dessa forma, o alimento não degrada. Nesse sentido, esse modo de pensar pensa em toda sistemática, preconizando os aspectos experimentais e técnicos, conforme explicitado na zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, que foi a que mais se destacou nas respostas dos licenciandos. Já na fala de LQ1, o uso do sal na conservação provoca um processo osmótico, que na fala do licenciando “faz a água transitar do ambiente de menor concentração de sal, para um maior, dessa forma inibimos a concentração de microrganismos”. Nesse sentido, o conceito de reação química ajudaria a elucidar esse processo de alta pressão osmótica, que poderia ser exibido por meio de equações, confirmando assim, os compromissos da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

Com relação a sexta pergunta, item B, notamos a emergência de duas zonas. Com isso, o primeiro modo de pensar foi representando pela resposta de LQ11, o que explicou que a conservação de alimentos a partir da defumação é um processo de expor alimentos a fumaça, mas enfatizou que tudo isso é realizado para conservar ou mudar o sabor do alimento. Nessa fala, LQ11, compreende parcialmente o processo, i. e., concede uma resposta intuitiva pelo que já aprendeu no curso de Química, mas o aspecto sensorial também foi considerando, o que respalda o modo de pensar **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**.

Em relação a segunda zona que emergiu, **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, a fala representativa de LQ2 explana que a conservação de alimentos por meio da defumação consiste em expor os alimentos a fumaça e em altas temperaturas, pois assim, é possível combater a ação de bactérias. Nesse sentido, o pensamento acerca do conceito de reação química está arrolado no retardamento da oxidação dos alimentos, que é provocado pelos ácidos, álcool e hidrocarbonetos presentes na fumaça que interagem com o alimento e assim resultado na sua conservação.

E acerca da sétima pergunta, Quadro 14, conferimos a emergência de três zonas nas respostas dos licenciandos em Química, que foram representadas por LQ11, LQ13 e LQ18. No tocante a primeira zona, **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, caráter sensorial de seu modo de falar, enfatizando que a liberação do gás supracitada resultado no sabor mais adocicado, o que sugere pensar que, se isso não for verificado de forma sensorial não poderia comprovar a existência de uma reação química. No entanto, também observamos o indício de uma fala híbrida, em que ao mencionar a liberação de gás, pode ser um indicativo da zona **reações químicas compreendidas por evidências e**

mudanças em propriedades (Zona5), mas não explorou de forma mais sistemática o processo da reação química.

No que se refere a segunda zona, **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, percebemos na fala de LQ 18, o maior cuidado do licenciando é explicar em detalhes a manifestação da liberação do gás, que denota o zelo pelo sentido empírico, e elucida que o gás se desprende do líquido e é liberado, e pode ser evidenciado ao abrir a garrafa por conta que ele foi pressurizado e forçado a uma solução supersaturada. Por fim, a terceira zona diz respeito a **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, cuja foi a mais recorrente nas respostas dos licenciandos, em que LQ13, explica a partir de um viés científico que a ocorrência da abertura da garrafa se dá pela liberação de dióxido de carbono, que conforme dito por LQ18, este foi dissolvido no refrigerante pelo processo de alta pressão.

Assim sendo, a partir da discussão expressa nessa subseção, na qual analisamos a emergência de modos de pensar e formas de falar sobre o conceito de reações química na fala de licenciandos em Química, conjecturamos que se pode averiguar diferentes zonas, e assim validamo-las a luz da teoria dos perfis conceituais.

E ainda sobre as falas dos licenciandos, um fato que acreditamos ser muito importante é que, as zonas, reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5) e reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7), foram as mais expressivas nas respostas dos licenciandos, o que significa que a prática formativa influencia na epistemologia dos docentes em formação.

E comprovamos isso, pois, as duas zonas que se alinham diretamente com o dia a dia dos licenciandos em Química, tanto pela formação técnica, de explicar processos, e detalhar marchas experimentais e explicar as reações químicas a partir evidências empíricas, bem como por meio de processos de interação entre substâncias, trocas energéticas e partir de classificações, representações e características particulares.

Esse fato, nos ajuda a perceber a potencialidade do perfil conceitual de reações químicas, sua importância para licenciandos, estudantes e sociedade, pois como já foi percebido e apontado a partir de diferentes indicativos, o conceito em tela é polissêmico, e assim, apresenta valores pragmáticos múltiplos, que ganham significados em contextos específicos, por isso, pode ser empregado para atender questões do dia a dia das pessoas, a partir de experiências, crenças, valores, aplicações e etc., como também para o âmbito acadêmico e científico escolar aplicado também a contextos diversos.

6.3.2.2 Análise de respostas dos licenciandos sobre vídeos relacionados a diferentes contextos

Nesta subseção, apresentamos os resultados alcançados na segunda etapa da pesquisa a partir da sequência didática aplicada com licenciandos em Química. Inicialmente realizamos uma breve explanação em aula, em seguida apresentamos os vídeos, sendo que o primeiro vídeo abordou o contexto histórico do conceito de reações químicas, e o segundo vídeo, abordando o conceito de reações química a situações do cotidiano. Após a exibição aplicamos os dois questionários, o primeiro com oito perguntas sobre questões históricas que envolviam o conceito de reações químicas, e o segundo também oito questões relacionados ao dia a dia das pessoas. E ao fim da aplicação, realizamos uma discussão em sala de aula explorando a compreensão dos estudantes sobre cada vídeo.

Conforme já discutido no Percurso Metodológico, iremos explorar os dados escritos a partir dos questionários. Diante disso, para uma melhor otimização ilustrativa dos dados alcançados, apresentamos um quadro síntese para cada questionário aplicado na segunda etapa da SD.

Além do mais, nesses referidos quadros, expomos as perguntas, seguidas de exemplos representativos para cada zona observada, entretanto, apenas iremos ilustrar 4 perguntas, e suas respectivas respostas, para cada questionário. Salientamos que selecionamos as questões mais representativas, considerando a emergência de modos de pensar e a exploração contextual dos licenciandos ao responderem cada pergunta.

Apresentamos nesse formato, buscando melhor compreender a relação do objetivo da segunda etapa que foi verificar como os licenciandos compreendiam o conceito de reações químicas a partir de diferentes contextos e os principais modos de pensar e formas de falar que emergiram.

Análise das respostas aos questionamentos sobre o primeiro vídeo

A seguir, no Quadro 15, ilustramos os modos de pensar que foram identificados no questionário aplicado com licenciandos em Química acerca do vídeo 1 que discutiu sobre o contexto histórico do conceito de reações químicas.

Quadro 15: Exemplos de perguntas e respostas referentes ao questionário sobre vídeo 1

Questionário – Contexto histórico	
Pergunta 1 - Na sua opinião, qual foi a importância do controle do fogo para o conceito de reações químicas?	
ZONAS	Exemplos

Zona5	“Uma vez que o fogo foi controlado, foi possível fazer sua observação e a partir daí surgiram os questionamentos sobre a madeira que se transforma em cinzas. (LQ2)
Zona 6	“A partir daí, pode-se perceber as possibilidades de alterações da matéria, inclusive utilizando o próprio fogo para realizar as reações químicas necessárias à produção de ferramentas úteis”. (LQ11)
Zona7	“Foi e é importante principalmente para auxiliar na velocidade dessas reações, ter controle do mesmo, fazendo sua temperatura aumentar ou diminuir, auxiliando na reação”. (LQ1)
Pergunta 4 - Conforme seus conhecimentos, como os metais contidos em diferentes rochas puderam ser obtidos? Explique seu comentário.	
ZONAS	Exemplos
Zona2	“Sim, de forças naturais no sentido das leis naturais que regem a movimentação e organização do Universo”. (LQ11)
Zona5	“Não, pois só foi possível a obtenção desses metais através do aquecimento dessas pedras para que assim as moléculas (substâncias) que a compõe se transforma-se ” (sic). (LQ4)
Zona7	“Não, pois sempre haverá uma transformação química como por exemplo o cobre para ser obtido na sua forma simples passa por um processo de ustulação por exemplo”. (LQ16)
Pergunta 6 - A partir de seus conhecimentos, como você explica a visão de que “as transformações químicas ocorriam a partir de forças sobrenaturais de deuses e outras divindades”?	
ZONAS	Exemplos
Zona4	“O homem buscou explicações para compreender a natureza, e muitos se agarravam a ideia de forças sobrenaturais provenientes de divindades e deuses”. (LQ10)
Zona7	“Como no início das conceitualizações sobre as transformações químicas os seres humanos ainda não tinham conhecimentos sobre átomos ou moléculas dessa forma, estabeleceram que tudo o que ainda não tinham conhecimento era de ordem divina. Até que se pudesse explicar como tal fenômeno ocorreu”. (LQ21)
Pergunta 8 - Conforme seus conhecimentos, como o Amor e o Ódio poderiam ser utilizados como critério para explicar a ocorrência das transformações químicas?	
ZONAS	Exemplos
Zona3	“O Amor e o ódio é o que hoje a gente tem como Entalpia e Entropia que quanto maior a entropia (o ódio) mais seria dificultoso a reação química acontecer e o quanto menor a entropia (o amor iria prevalecer) aumentando a tendência da reação acontecer”. (LQ20)
Zona1/ Zona6	“Pode se comparar o amor como um meio reacional para os elementos (fogo, ar, terra e água) que gerava produtos agradáveis ao homem, já o ódio produzia resultados desastrosos, perigosos para o homem.” (LQ13)

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme exposto no Quadro 15, verificamos a emergência de diferentes zonas do perfil conceitual de reações químicas que foram expressas em respostas a perguntas que envolviam reflexões sobre do contexto histórico do conceito em tela.

A partir da Pergunta 1, Quadro 15, em que questionamos aos licenciandos, considerando a discussão histórica do vídeo, a importância do controle do fogo para o conceito de reações químicas, conforme exibimos na síntese do vídeo em nosso percurso metodológico, observamos que os modos de pensar que emergiram apresentavam uma estreita relação com o contexto histórico, tendo em vista que identificamos nas falas diferentes elementos relacionados ao período histórico. Como se pode notar, LQ2, explanou que a partir da observação é que surgiram os questionamentos sobre a madeira se transformar em cinzas.

Assim, segundo Vidal (1986) e Maar (2008) desde os filósofos gregos a observação contribuiu para a discussão acerca de diferentes conceitos, e a partir das contribuições aristotélicas sistematizou-se esse pensamento de delinear a realidade, para melhor entendê-la e tecer inferências, inclusive a descrição de fenômenos, sobretudo na Química, que desde a alquimia, já valorizava explicar as transformações a partir das evidências. Por isso, na fala de LQ2, identificamos indícios da zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)** com relações ao contexto histórico, a partir do reconhecimento de LQ2 ao dizer que por meio do controle do fogo e a preconização das evidências das cinzas, e assim tornou possível verificar de forma mais detalhada as transformações.

Na fala representativa de LQ11, Pergunta 1, Quadro 15, a licencianda destacou que o próprio fogo foi utilizado para realizar alterações da matéria e produzir ferramentas úteis para a humanidade. Esse pensamento de LQ11, é apoiado por Rooney (2019), quando discute que no desenvolvimento histórico do conceito de reações químicas o fogo foi utilizado como fonte de energia para a transformação de materiais, e que a partir do uso contínuo esses procedimentos foram aprimorados para produzir ferramentas de metais, confeccionadas por meio do aquecimento.

Bolzan (1976), Vidal (1986) e Powers (2014), também expressam que a geração de produtos a partir de metais, pigmentação as quais registrou-se pinturas rupestres, fogueiras, e etc., foi um marco para o conceito de reações químicas, pois a partir desses procedimentos se pode entender os processos de manipulação de substâncias, mas além disso, a ideia de produzir algo por meio desses processos é que fez com que ao longo dos séculos as reações químicas fossem compreendidas como importantes para a vida da humanidade. Assim, a partir da fala de LQ11, Pergunta 1, Quadro 15, percebemos como seu modo de pensar, esteve alinhado ao contexto de discussão, e por isso, destacou que foi a partir do fogo que pudemos “realizar as reações químicas necessárias à produção de ferramentas úteis”, que também está atrelada a zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, que

foi a mais presente na fala dos licenciandos, o que significa dizer, que o contexto histórico é algo muito significativo para que os indivíduos compreendam o valor pragmático do conceito de reações químicas quando discute aplicações que podem ser úteis, benéficas ou até mesmo danosos para as pessoas.

No que concerne a resposta de LQ1, Pergunta 1, Quadro 15, o licenciando relatou que o controle do fogo não foi apenas importante, mas ainda é muito significativo para o conceito de reações químicas, sobretudo para a cinética das reações. Nesse sentido, segundo Maar (2008), o detalhamento do controle do fogo para as reações químicas cresceu a partir do século XVII, mas a partir do século XVIII passou a ser utilizado para pesquisa, por isso, esse controle contribuiu na compreensão do conceito de reações químicas observando o comportamento dos gases e das aplicações da calorimetria.

Nesse sentido, o contexto histórico exposto no vídeo pode fazer com que LQ1 refletisse de forma profunda acerca do conceito de reações químicas, principalmente quando destacou a importância do controle do fogo para auxiliar na velocidade de reações. Tal fato também é defendido por Quílez (2004), quando diz que a proposta da ideia de velocidade das reações químicas, marcou a história do conceito, principalmente acerca da relação proporcional das massas das substâncias reagentes presentes no meio reacional. Por isso, a relação contexto e zona se deu a partir do entendimento de LQ1, em explicitar que o controle do fogo foi crucial auxiliar na velocidade dessas reações, e também compreender formas de aumentar e diminuir a temperatura como forma de auxiliar em diferentes tipos de reações químicas, evocando, assim, elementos que compõem a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

Em relação a quarta pergunta, Quadro 15, observamos o registro de três zonas, as quais foram representadas no referido quadro. Assim, as zonas que emergiram foram Zona2, Zona5 e Zona7, sendo as duas últimas as que mais prevaleceram nas respostas dos licenciandos.

No tocante a Pergunta 4, Quadro 15, a partir do primeiro vídeo exposto, solicitamos que os licenciandos discutissem se os metais eram obtidos por forças naturais. Nesse sentido, a partir da fala representativa de LQ11, a estudante aponta expõe a existência de uma lei natural para explicar as reações químicas considerando o contexto histórico que estava em discussão na aula. É interessante notarmos os indícios sobre a relação zona e o contexto na fala de LQ11, uma vez que ela relacionou sua resposta a primeira zona identificada, que foi **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**. Mas além disso, a emergência desse modo de pensar está concatenado com o contexto histórico, que foi guiado pela pergunta norteadora, quando cita sobre forças naturais.

Para Bolzan (1976) e Powers (2014), na gênese do conceito de reações químicas a ocorrência natural dos fenômenos foi defendida por Aristóteles, na qual para ele as transformações ocorreriam de forma natural, a partir de uma velocidade, e qualidades específicas da matéria. Maar (2008), também salienta esse pensamento ligado ao contexto histórico, pois durante muito tempo se entendia que os elementos fundamentais, como terra, ar, fogo, e água, estavam ligados a um ciclo natural, e que a partir dele ocorria as transformações, ou seja, a existência de um ciclo de transformações fazia com que os elementos fundamentais reagissem e assim geravam novos materiais. Dessa maneira, quando LQ11, Pergunta 2, Quadro 15, expressa que os metais contidos em rochas foram obtidos por forças naturais, isso vai além do contexto que foi utilizado, pois esse modo de pensar faz parte de uma crença maior da licencianda, e tal fato é comprovado quando ele diz que, “forças naturais no sentido das leis naturais que regem a movimentação e organização do Universo”, ou seja, existe uma lei no universo que rege todas as reações químicas, que ratifica uma articulação entre o contexto histórico que estava em discussão com a Zona2.

Já segundo LQ4, Quadro 15, os metais contidos em rochas não foram obtidos por meio de forças naturais, mas sim, por meio do procedimento prático experimentos através do aquecimento das pedras. De certa forma, o contexto histórico do conceito de reações ratifica que o caráter empírico foi empregado durante muitos anos, e para Maar (2008) uma das mudanças significativa que ocorreu na Química, foi que a partir do século XVIII, o uso contínuo da experimentação e suas descrições promoveu mudanças significativas para o conceito de reações, principalmente acerca de procedimentos empíricos.

E tal entendimento, para Mierzecki (1991) foi uma mudança chave para explicar as reações, que desde a alquimia são relacionados a Medicina, mineralogia, metalurgia a partir de aspectos qualitativos e também quantitativos. E isso, possivelmente, pode contribuir para a emergência da zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, sendo essa a mais presente nas respostas dos licenciandos, que deixaram nítido que a obtenção dos metais era por meio do aquecimento para “as moléculas” se transformassem.

E conforme percebemos na fala de LQ16, Quadro 15, mesmo explorando o contexto histórico, a fala do sujeito emerge a partir de seus conhecimentos, valores e crenças, e por isso, a licencianda também clarificou que os metais alcançados por meio de rochas, não foram a partir de forças naturais, mas em detrimento de uma transformação química, que denota a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, isto é, sua forma de falas e responder o referido questionamento apresenta considerações guiadas pela Ciência. Mas

tal fato, não impede a relação da zona com o contexto, e por isso, ao final da fala de LQ16, ela elucida que a forma correta de obter metais é por meio de “transformação química como por exemplo o cobre para ser obtido na sua forma simples passa por um processo de ustulação por exemplo”, como se pode perceber, mesmo ele ancorando seu modo de pensar em uma visão racionalista, concede um exemplo que é ancorado no contexto histórico, como citado o cobre e a técnica de ustulação.

Sobre a pergunta 6, Quadro 15, emergiram apenas duas zonas, **Zona4** e **Zona7**. Por isso, como podemos notar na fala representativa de LQ10, ao ser questionado sobre como explicaria a ideia de que as transformações eram ocorrências de forças naturais, o licenciado discorreu que o homem sempre buscou formas de compreender a natureza, elucidou que muitas ideias, de fato estavam ligadas a forças sobrenaturais. *A priori* a partir da fala de LQ10, percebemos alguns indícios da relação zona e contexto, tendo em vista durante um ciclo muito grande a ocorrência das transformações da matéria foram atribuídas a deuses e entidades, e a Zona4, que está atrelada a um substancialismo do oculto, reconhece que as substâncias podem apresar espécies de poderes para poderem se transformar, o que pode ter sido uma aproximação entre a fala de LQ10, o contexto e a Zona4.

Para tanto, de acordo com Mierzecki (1991) e Hudson (1992), no contexto histórico da Química muitos conceitos se desenvolveram aportando conhecimentos de diversas correntes, e a advinda da alquímica ocidental influenciou no entendimento de muitos fenômenos, em que não se sabia ao certo os motivos de determinadas transformações acontecerem, e assim, ligadas a forças sobrenaturais, deuses, alegorias, e etc. Maar (2008) e Vidal (1986), também ratificam isso, e dizem que desde os egípcios antigos, ocorre essa atribuição de poderes sobrenaturais, místicos, para produzirem remédios a bases de extratos de plantas, dentre outros procedimentos.

Bowles (1975) e Powers (2014), também expressas que as que partículas dos corpos teriam virtudes, poderes ou forças as quais fariam com que se transformassem, nesse sentido, o ato de transformar estaria arrolado a poderes que fariam com que os corpos sensíveis compostos de um vasto número de partículas se transformavam produzindo uma infinidade de efeitos impossíveis de serem determinados. Diante disso, na fala de LQ10, Pergunta 6, Quadro 15, ele deixa claro que “O homem buscou explicações para compreender a natureza, e muitos se agarravam a ideia de forças sobrenaturais provenientes de divindades e deuses”, e assim, podemos elencar alguns elementos que arrolam o contexto histórico alinhado a forças sobrenaturais com a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, que foi o principal modo de pensar empregado nas respostas dos licenciandos para essa pergunta.

No que tange a fala representativa de LQ21, Pergunta 6, Quadro 15, verificamos indicativos da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, em que para a discente as transformações não ocorrem por meio de forças sobrenaturais de deuses ou divindades. No entanto, explicita que essa forma de entendimento se deveu, pois, as pessoas em determinados períodos não sabiam explicar como os fenômenos ocorriam, e na fala dele “estabeleceram que tudo o que ainda não tinham conhecimento era de ordem divina”. Nesse sentido, percebemos que o contexto que estava em discussão permaneceu nas inferências de LQ21, mas como suporte para tecer explicações agregando compromissos mais científicos, e por isso, ao final ela ressalta que as pessoas atribuem ao sobrenatural foi por conta de “no início das conceitualizações sobre as transformações químicas os seres humanos ainda não tinham conhecimentos sobre átomos ou moléculas”, ou seja, o desconhecimento da natureza submicroscópica fazia com que as visões sobrenaturais fossem atribuídas as substâncias e aos processos de transformações.

Por fim, no tocante a oitava pergunta, Quadro 15, averiguamos a manifestação de três modos de pensar o conceito de reações químicas, a saber: Zona3, Zona6 e Zona7, e sendo as duas primeiras as que detiveram a maior representação nas falas dos licenciandos em Química. Assim, em referência a fala representativa de LQ20, quando questionado sobre o amor e ódio serem utilizado como critérios para explicar a ocorrência das transformações químicas, o licenciando expressou que o amor seria a entalpia e o ódio a entropia das reações químicas. Vale ressaltar que essa forma de concepção foi a que mais emergiu nas falas dos nossos sujeitos, o que nos aponta uma possível relação da Zona3 com o contexto histórico que estava em discussão.

De acordo com Maar (2008), a ideia do amor e ódio, vieram dos gregos, que acreditavam que os elementos se transformavam de duas forças, o Amor e o Ódio, que eram os principais responsáveis por unir e separar os elementos, e perdurou por muito tempo, e veio ter um novo espaço a partir dos estudos das afinidades químicas. Duncan (1970), também esclarece essa ideia permaneceu em uso até no início do século XVIII, mas foi uma das mais antigas e fortes na sociedade e estava conectada a existência de uma simpatia ou antipatia entre as substâncias, a partir de princípios de amor e discórdia, ou amor e afeição entre substâncias. Dessa forma, essa forma de animismo, a partir de atributos humanos para reagentes, substâncias atreladas a transformação tem um valor pragmático encadeado com o contexto histórico, por isso, como exposto na fala de LQ20, “O Amor e o ódio é o que hoje a gente tem como Entalpia e Entropia” (sic), verificamos há um reconhecimento do contexto histórico, quando ele frisa “o que hoje a gente”, alinhado à zona **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**, e por isso, diz que

“quanto maior a entropia (o ódio) mais seria dificultoso a reação química acontecer e o quanto menor a entropia (o amor iria prevalecer) aumentando a tendencia da reação acontecer” (sic), ratificando atributos humanos aos processos energéticos que são essenciais para o conceito de reações químicas.

Sobre a fala de LQ13, Pergunta 8, Quadro 15, o estudante de Química a pergunta relatou que poderíamos comparar o amor e o ódio ao um meio reacional, que teria a capacidade de gerar produtos agradáveis e desagradáveis ao homem. Nesse pensamento, verificamos um compromisso axiológico em que o meio reacional, nesse caso, as reações químicas estão ligadas a afetos e valores para homem, mas também pode expor uma ideia ligada a um realismo, podendo configurar uma explicação indiscriminada para a reação.

De acordo com Echeverria (1995) esse sentido axiológico, que foi colocado por LQ13, no sentido de que à medida que gerasse produtos que atendesse as necessidades humanas, maiores seriam os valores e afetos. Assim, LQ13, resgata a ideia dos elementos fundamentais e aclara que o amor e o ódio seriam um “meio reacional para os elementos (fogo, ar, terra e água)”, reconhecendo e trazendo pontos que são intrínsecos ao contexto histórico, como também, a partir do momento que destaca que “que gerava produtos agradáveis ao homem, já o ódio produzia resultados desastrosos, perigosos para o homem”, expondo uma fala com indícios da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, mas ao também citar o amor como meio reacional, apregoa indicativos da zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, apoiando a fala a um realismo ingênuo.

Assim sendo, a partir dos dados observados, verificamos que o uso de contextos apresenta relações com os diferentes modos de pensar. Como aponta Rodrigues e Mattos (2007), o uso de contextos e suas aproximações com os diferentes modos de pensar e formas de falar permite os estudantes olharem para fora da sala de aula, e perceber que ele está relacionado a um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, e por isso acreditamos nas aproximações entre contextos e zonas de perfis conceituais.

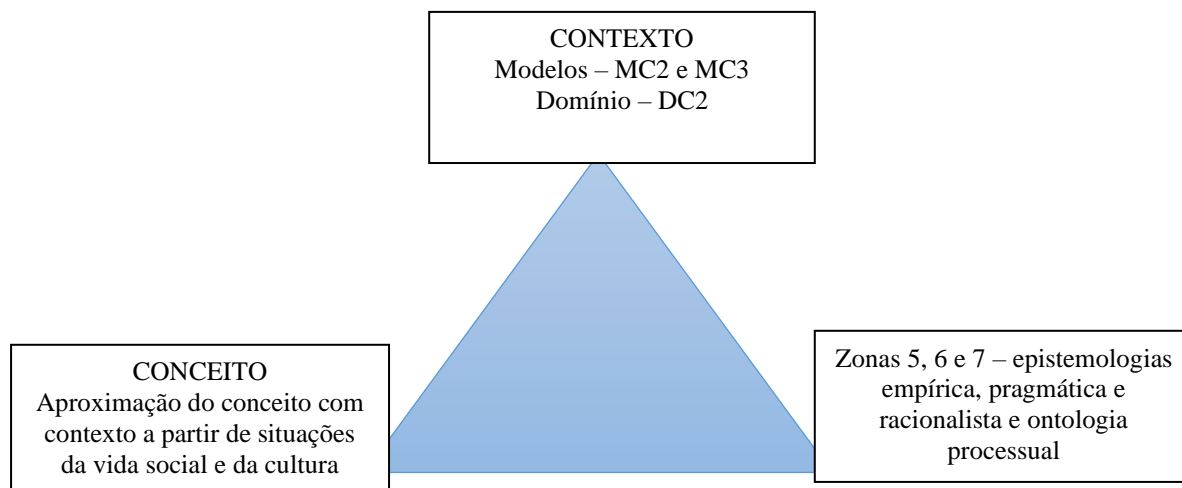
Nesse sentido, a partir de nossos resultados conseguimos verificar diferentes aproximações entre contextos e zonas do perfil conceitual de reação químicas, e considerando a tríade, contexto, conceito e zonas (Cf. Figura 1, Capítulo 3, seção 3.2). Por exemplo, a partir das falas representativas da Pergunta 1, Quadro 15, na qual questionamos sobre a importância do controle do fogo para o conceito de reações químicas, que estava atrelada ao primeiro vídeo exibido, observamos que os dois principais modelos que foram explorados no enredo do vídeo estavam vinculados ao Modelo de contexto como reciprocidade entre conceito e aplicações

(MC2) e Contexto como circunstância social (MC3), uma vez que circunstâncias da vida social são consideradas na discussão e elementos da cultura criada ao longo de muitos anos emergem para a compreensão da situação proposta para estudo. Também observamos que as ideias do vídeo e referida pergunta, estavam alinhadas ao um domínio de contexto social ou da sociedade (DC2) que diz respeito à descoberta e uso do fogo como meio de transformação dos materiais, como modo de problematização para a compreensão do conceito de reação química.

Com isso, pudemos observar que emergiram falas do estudantes, tais como: LQ2 que destacou a “observação e a partir daí surgiram os questionamentos sobre a madeira que se transforma em cinzas”, que parece representativa de um modo de pensar sobre a transformação da madeira a partir de uma evidência empírica (**Zona5**), a partir de um compromisso epistemológico que trata empiricamente a transformação, associado a um compromisso ontológico que aponta para a transformação dos materiais como um processo; na fala de LQ11, verificamos um compromisso epistemológico pragmático (**Zona6**), considerando a utilidade do fogo quando a licencianda se refere a “alterações da matéria, inclusive utilizando o próprio fogo para realizar as reações químicas necessárias à produção de ferramentas úteis”, associando a compreensão da transformação causada pelo fogo a aplicações úteis e importantes para as pessoas. Por fim, na fala de LQ1 aparece um compromisso epistemológico racionalista, quando é mencionado que o fogo teria um papel importante na temperatura e velocidade das reações (**Zona7**), ou seja, a compreensão das transformações provocadas pelo fogo foi construída a partir de conceitos estruturados da ciência.

Portanto, a análise para essa pergunta do questionário nos possibilita representar algumas correspondências entre o conceito, contexto, zonas implicadas na compreensão das reações ou transformações químicas, conforme figura síntese, a seguir:

Figura 25: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 1



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos verificar na Figura 25, o conceito de reações químicas quando discutido a partir de situações da vida social, histórica e da cultura, estabeleceu uma relação com os modelos de contexto e aplicações (MC2), a partir da reflexão do domínio do fogo como forma de criar ferramentas damentais, cozer alimentos, e etc, e também como circunstância social (MC3), por explorar o fato histórico e da relação do homem com o desenvolvimento das ideias de transformações até o pensamento atual de reações químicas. Esses modelos também foram corroborados domínio de contexto social e da sociedade, que também estão correlacionados as zonas **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, ao enfatizar o contexto histórico relacionado a observação da queima da madeira e as evidências a partir das cinzas e **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, pois contexto histórico contribuiu com as reflexões acerca das reações químicas serem necessárias a produção de ferramentas, as quais ajudaram no próprio desenvolvimento social. E Por fim, também, nas falas dos nossos sujeitos, verificamos que o conceito e contexto em discussão, se concatenaram com a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, na qual o conceito de reações químicas quando explorado a partir do contexto histórico está relacionado com a visão de que o controle do fogo foi compreendido com forte subsídio na velocidade das reações químicas, como permitir o andamento de todo o processo.

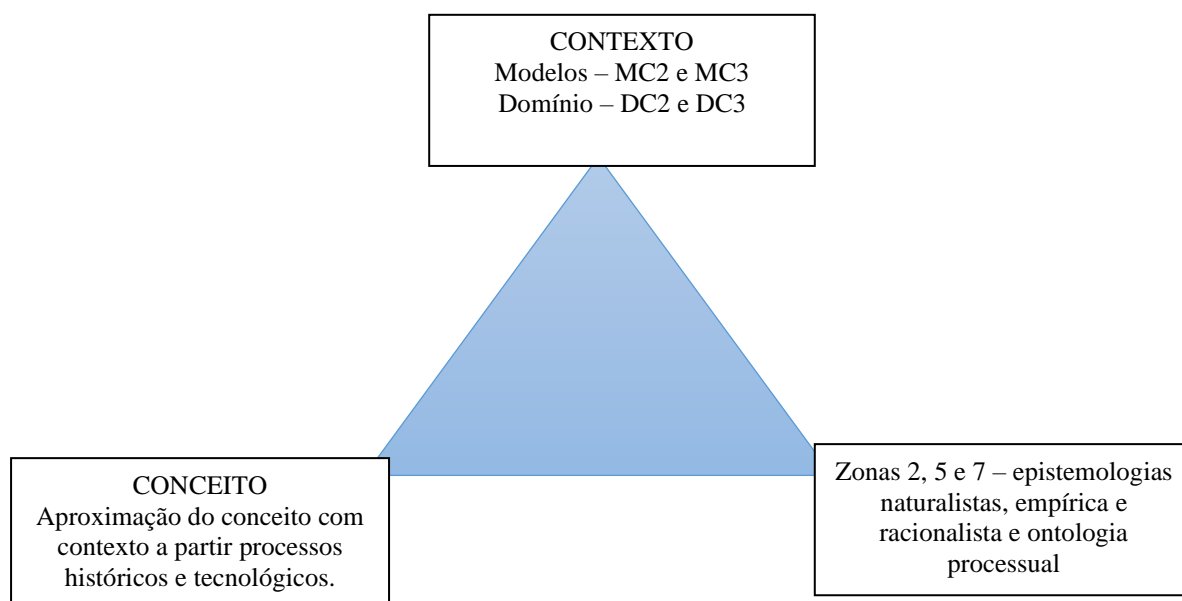
Um segundo exemplo representativo que ilustramos acerca da relação contexto, conceito e zonas, podemos averiguar nas respostas a quarta pergunta, Quadro 15, em que os licenciandos foram requisitados a explicarem como os metais contidos em diferentes rochas eram obtidos. Conforme estava vinculado ao primeiro vídeo, a pergunta 4 também estava relacionada aos modelos de contexto como reciprocidade entre conceito e aplicações (MC2) e contexto como circunstância social (MC3). Mas verificamos indícios de dois domínios de contexto a partir da pergunta elencada, o primeiro domínio de contexto está arrolado ao social ou da sociedade (DC2), buscou explorar a relação do homem na obtenção metais, e o segundo domínio está relacionado ao contexto científico tecnológico (DC3), em que buscou problematizar o contexto a partir de questões históricas e tecnológicas na obtenção de metais.

Assim, a partir dos modelos e domínios de contexto que buscaram explorar o conceito de reações químicas verificamos que os licenciandos ilustraram diferentes modos de pensar e formas de falas, por exemplo, na fala representativa de LQ11, em que mencionou que a obtenção de metais estava atrelada a “forças naturais no sentido das leis naturais que regem a movimentação e organização do Universo” situando as forças naturais voltadas para o conceito

de reações químicas, e empregando o **compromisso epistemológico naturalista**, na qual o conceito de reações químicas foi relacionado a forças naturais que regem as movimentações do universo (**Zona2**). E também de um **compromisso ontológico de processo**, visto que, na fala de LQ4 a discente discorreu que “a obtenção desses metais através do aquecimento dessas pedras para que assim as moléculas (substâncias) que a compõe se transforma-se (sic)”, enfatizando assim, o aquecimento como forma de transformação, mas não a partir de forças naturais, e que também se aproxima de um **compromisso epistemológico empírico** na qual a obtenção do metal é uma evidência desse processo de aquecimento (**Zona5**). Bem como, indícios de um **compromisso epistemológico racionalista** em que LQ16 discorreu sobre o contexto histórico, mas sendo contrário a visão das forças naturais, assim como fez LQ4, mas enfatizando o processo de obtenção de metais por meio de técnicas como uma classificação, que foi a ustulação mencionada na resposta do licenciando (**Zona7**). Vale salientar que ainda na fala de LQ4, também há evidência de **compromisso ontológico de processo**, ao elucidar a também o processo de ustulação.

Assim sendo, em linhas gerais, a partir da análise do segundo exemplo representativo podemos verificar também outras aproximações entre contexto, zonas voltadas para o conceito de reações químicas. A seguir, ilustramos uma figura síntese:

Figura 26: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 4



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 26, o conceito de reações químicas quando tratado a partir de reflexões apoiadas em processos histórico e tecnológico, se ancora nos modelos contexto e

aplicações (MC2), a partir da aplicação do aquecimento para obter metais, como também como circunstância social (MC3), pelo fato de envolver um processo histórico e as reflexões de um processo de diferentes desdobramentos nos procedimentos da metalurgia.

Por isso, os domínios de contexto social e da sociedade e científico e tecnológico, tornaram-se ainda mais relevantes nesse referido exemplo, uma vez que quando os estudantes buscaram refletir sobre o conceito em tela, e os supracitado modelos e domínios de contextos, expuseram suas falas em diferentes zonas, por exemplo, ao relacionar a obtenção de metais como processo alinhado a uma lei natural, ancoram suas formas de falar a zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**.

Já ao destacar a obtenção do metal como processo empírico, e a transformação seria evidenciada pela constatação do metal, o contexto consegue explorar elementos que trazem um indicativo para a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, no entanto a evidência fica mais a cunho interpretativo. E sobre a última fala representativa, nos registros de respostas dos licenciandos, constatamos algumas inferências com aproximações para a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, em que o contexto ajuda e elucidar que uma tecnologia de obtenção de metais estava atrelada a ustulação.

Análise das respostas aos questionamentos do segundo vídeo

No Quadro 16, expomos os modos de pensar que foram identificados no questionário aplicado com licenciandos em Química sobre o vídeo 2 que discutiu sobre conceito de reações químicas atreladas a contexto do cotidiano.

Quadro 16: Exemplos de perguntas e respostas referentes ao questionário sobre vídeo 2

Questionário – Contextos do cotidiano	
Pergunta 2 - Quando você observa um fenômeno em seu dia a dia, como você faz para identificar se é uma reação química ou não?	
ZONAS	Exemplos
Zona4 Zona 5	Eu analiso o comportamento reacional, por exemplo mudança de cor, o cheiro de uma fruta quando amadurece, enferrujamento de um prego e etc. ". (LQ16)
Zona5	"Geralmente vejo as alterações visíveis como: mudança de coloração, cheiro, desprendimento de gases e mudança de temperatura . Essas são as características mais comuns de uma reação química ". (LQ19)
Zona7	"Através da análise dos reagentes e produtos, se o resultado do fenômeno gerar algo diferente do inicial (produto diferente do reagente) , eu considero como uma reação química". (LQ9)

Pergunta 3 - Como você explicaria quimicamente falando a descoloração e o alisamento capilar. O que ocorre em cada um desses processos?	
ZONAS	Exemplos
Zona3 Zona6	“O cabelo é atacado quimicamente por agentes oxidantes, que danifica e compromete a estrutura da fibra capilar”. (LQ6)
Zona5	“O formol presente na maioria dos alisantes, composto orgânico, é responsável pelo efeito de alisamento nos cabelos, ele atua diminuindo a rigidez do cabelo, tornando a fibra flexível, logo realiza uma reação, assim como a descoloração que normalmente usa água oxigenada mudando a natureza do cabelo”. (LQ10)
Zona7	“A descoloração capilar se dá através da oxidação dos fios causada pela presença de água oxigenada (peróxido de hidrogênio). Já no alisamento capilar é utilizado produtos químicos (formol, hidróxido de sódio, guanidina, etc.) para promover o relaxamento e alisamento dos fios de cabelo”. (LQ9)
Pergunta 6 - Por qual razão não devemos descartar o óleo de cozinha no ralo da pia? Qual problema ele pode causar ao meio ambiente? Quais reações químicas poderíamos aplicar para diminuir o impacto do óleo ao meio ambiente?	
ZONAS	Exemplos
Zona6	“Os óleos podem obstruir tubos e encanamentos, provocar o refluxo de esgoto, ou ainda poluir os corpos hídricos e afetar significativamente a vida aquática. Podemos diminuir o impacto ambiental provocado pelo descarte de óleos através do reaproveitamento do óleo na fabricação de sabão caseiro a partir de reações de saponificação”. (LQ9)
Zona6 Zona7	“Pode entupir a caixa de gordura. O óleo vai para o esgoto e contamina os mananciais. Reação de saponificação fazendo o sabão a partir do óleo”. (LQ7)
Pergunta 7 - Como você explicaria e representaria o uso do fermento químico no cozimento de um bolo?	
ZONAS	Exemplos
Zona5	“Fermento químico é uma mistura bicarbonato de sódio com alguma substância ácida. Após contato da mistura com líquidos ou quando são aquecidos a formação bolhas de gás carbônico que fazem a massa crescer”. (LQ9)
Zona7	“Na fabricação de bolos é usado o fermento químico, composto por bicarbonato de sódio (NaHCO ₃), um tipo de sal muito presente no nosso dia a dia. Mas pode ser formado por Cá(H ₂ PO ₄) ₂ + NaHCO ₃ que quando na presença da Água forma, CaHPO ₄ + Na ₂ HPO ₄ + H ₂ O e CO ₂ . Esse fermento age mais rápido do que o biológico, uma vez que depende apenas da alta temperatura para reagir, não sendo necessário deixar a massa para descansar. Sendo assim, quando colocado para assar, o bolo cresce, pois, o bicarbonato contido no fermento sofre uma reação química que produz gás carbônico. O gás, assim como no pão, fica preso naqueles pequenos furinhos que vemos nas massas, fazendo-a expandir de tamanho”. (LQ16)

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com os dados ilustrados no Quadro 16, conferimos que ao usar situações associadas a contextos do cotidiano, foi possível observarmos a emergência de distintos modos de pensar e formas de falas o conceito de reações químicas.

Na segunda pergunta que foi utilizada no questionário acerca do vídeo 2, utilizado na segunda etapa da Sequência Didática, Quadro 16, averiguamos a manifestação de três zonas, Zona4, Zona5 e Zona7, sendo as duas primeiras as mais mencionadas nas respostas dos licenciandos. Assim, ao LQ16 responder o questionamento que envolvia o contexto cotidiano e a forma de identificar a ocorrência de uma reação química, a licencianda disse que analisava o comportamento reacional por meio cor, odor e textura, ou seja, a partir da observação.

De acordo com Bensaude-Vicent e Stengers (1992), o ato de observar a ocorrência das transformações químicas se perpetuou a longo dos séculos, e se tornou uma prática nos estudos da Química, e esse tipo de procedimento é guiado pela observação e indução, e até o século XVIII, fazia parte da prática experimental e influenciou muitas pesquisas como forma de caracterização de diferentes processos químicos. Boo e Watson (2001), também verificaram que muitos estudantes explicam a ocorrência de reações química do seu cotidiano, mas a partir de percepções, e mesmo as vezes elas sejam equivocadas, é uma forma que muitos deles buscam demonstrar suas ideias, mesmo que abalizadas por concepções informais.

Diante disso, a fala de LQ16, Pergunta 2, Quadro 16, “analiso o comportamento reacional, por exemplo mudança de cor, o cheiro de uma fruta quando amadurece”, aponta uma articulação entre do contexto cotidiano de identificação de uma reação química, a partir de cor e cheiro, com a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**. Ainda na fala de LQ16, observamos indícios de uma fala híbrida, pois ao também citar o “enferrujamento de um prego”, denota uma ideia de processo, que pode ser evidenciado pela ferrugem, por isso, apresenta uma aproximação com a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**. Assim, algumas a fala desse estudante é um modo de pensar recorrente no cotidiano, e conforme apontado por Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), faz parte das experiências, observações acerca das reações químicas que ganham forte significado na linguagem dos estudantes.

Sobre a fala de LQ19, Pergunta 2, Quadro 16, percebemos que a fala dele está atrelada a um pensamento empírico, quando destaca o desprendimento de gases e mudanças de temperaturas. De acordo com Maar (2008), as observações de liberação de gases, análise calorimétrica foram práticas empíricas que foram incorporadas na Química desde os alquimistas, e ainda hoje fazem parte da sociedade. Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), também apontam que muitos estudantes, acham o uso de experimentos algo muito significativo,

pois tanto os ajudam a entender conteúdo de Química e relacionar com o cotidiano, como também entendem distintas formas de aplicações de diferentes conceitos, principalmente de reações químicas por estar sempre junto a muitas evidências como formação de precipitados, liberação de gases, e etc.

Assim, a partir da fala de LQ19, também verificamos indícios de uma relação entre o contexto em tela, com a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, tendo em vista que há um reconhecimento e relevância para mudanças de coloração, produção de gases, aquecimento de recipiente, alinhado a um conhecimento mais científico, conforme dito por ele ao discorrer sobre “mudança de coloração, cheiro, desprendimento de gases e mudança de temperatura” (sic), como sendo características mais comuns para identificar a ocorrência de uma reação química.

Já na resposta representativa de LQ9, Pergunta 2, Quadro 16, a forma que ele observa e identifica se é ou não uma reação química, ocorre a partir da análise os reagentes e produtos. Nesse sentido, para Van Brakel (1997), a identificação dos reagentes e produtos foi um passo importante para o conceito de reação química, uma vez que as definições ajudam explicar de forma mais detalhada os processos de interconversão, e assinalar fatores, técnicas e propriedades específicas do processo.

E também é uma forma muito presente na linguagem química, conforme percebemos nos livros de Química do Ensino Superior, de Browm, LeMay e Bursten (2005), Kotz e Treichel Jr. (2007) e Atkins e Jones (2012). Bem como verificado por Yan e Talanquer (2015), em que aos estudantes explicarem a ocorrência de uma reação muitos deles buscam identificar o principal reagente mais reativo, para analisar sobre os possíveis produtos a serem gerados. Sendo assim, a fala de LQ9, é muito importante, pois demonstra um entendimento mais racionalista para explicar as reações químicas que ocorrem no contexto cotidiano, e por isso, se alinha ao modo de pensar **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**.

No que tange a Pergunta 3, Quadro 16, que aprestou um questionamento sobre como os licenciandos explicariam a descoloração e o alisamento capilar, verificamos quatro modos de pensar, quais sejam, Zona3, Zona5, Zona6 e Zona7, sendo o último o mais presente nas respostas dos nossos sujeitos. De acordo com a resposta representativa de LQ6, o cabelo sofre um ataque por agentes oxidantes ao ser descolorido ou alisado, ou seja, é atribuído uma característica inanimada para os reagentes utilizados na aplicação desses procedimentos.

Rosa e Schnetzler (1998), observaram que alguns estudantes idealizam a ferrugem como uma espécie química que brota na umidade e permanece no ar, e quando chega próximo de

determinados metais umedecidos, e os atacam até fazê-lo enferrujar, assim a ferrugem é entendida por eles como uma espécie de fungo que ataca os metais. Hesse e Anderson (1992), Silva (2008), Machado Jr. et al. (2006) e Yan e Talanquer (2015), também observaram questões semelhante, inclusive que determinados reagentes tem a capacidade de comer outras substâncias, e resultando em determinadas reações químicas, ratificando as características animistas para o conceito de reações químicas.

Desse modo, ao observamos a fala de LQ6, Quadro 16, “O cabelo é atacado quimicamente por agentes oxidantes”, assim, apresenta-se uma visão não muito relacionada ao contexto em tela, entretanto, está pautado nos pressupostos da Zona 3 **reações químicas como algo vivificado (Zona3)**, e se enquadra como um modo de pensar específico. Mas ainda na fala de LQ6, observamos um indicativo de fala híbrida, já que quando o discente expressa que os agentes oxidativos danificam e comprometem a fibra capilar, denota que a reação química nesse processo pode ser prejudicial as pessoas, se aproximando assim, possivelmente com uma das visões da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**.

No tocante a fala de LQ10, Pergunta 3, Quadro 16, o estudante de Química, apresenta suas explicações da descoloração e alisamento capilar a partir de um pensamento pautado nos procedimentos técnicos e caracterização de informações. De acordo com Maar (2008), a valorização dos procedimentos experimentais perpassa ao passar dos séculos, e por isso, são bastantes reconhecidos, tendo em vista que grande parte dos estudos da Química são realizados em laboratório, como por exemplo, a caracterização das reações ácido e base, de combustão, dentre muitas outras.

Desse modo, ao LQ10, Quadro 16, expor que o alisante é “composto orgânico, é responsável pelo efeito de alisamento nos cabelos, ele atua diminuindo a rigidez do cabelo, tornando a fibra flexível “ e o ato de descoloração capilar ser por meio da “água oxigenada mudando a natureza do cabelo”, percebemos um entendimento relacionado ao contexto cotidiano a partir de procedimentos no cabelo, como também interrelacionado a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)** em que o contexto dialoga diretamente com as explicações da técnica de alisar e descolorir os cabelos, inerentes ao modo de pensar.

Já a fala de LQ9, Pergunta 3, Quadro 16, além de trazer informações dos processos, que faz parte da linguagem química, trouxe termos técnicos, como a descoloração ocorre a oxidação dos fios na presença de peróxido de hidrogênio, e que o alimento se utiliza de formol, hidróxido de sódio como forma de promover o relaxamento e alisamento dos fios. Assim sendo, constatamos

que o contexto cotidiano discutindo descoloração e o alisamento capilar, aplicado a estudantes de Química, requeria inferências mais técnicas, e foi o que de fato observamos, e por isso, a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)** foi a mais presente nas respostas dos licenciandos em Química.

Em relação Pergunta 6, Quadro 16, que exploramos o contexto cotidiano a partir de um problema ambiental, observamos a emergência de duas zonas, a saber: Zona6 e Zona7. Assim, no que diz respeito a resposta representativa de LQ9, percebemos que as alusões de processos são semelhantes as mencionadas por LQ14, mas se diferencia em dois aspectos, o primeiro é a consciência acerca do necessidade de diminuir o impacto ambiental, ou seja, existe o desejo, o afeto a causa ambiental, o que inferimos a relação do contexto com a zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zon6)**, a partir do entendimento das reações químicas a partir de aplicações socioambiental. E o segundo ponto que se diferencia, foi assinalar a importância da reação química como forma de gerar produtos úteis para a sociedade, a partir do momento em que menciona que o óleo pode ser transformado em sabão caseiro, a partir da reação de saponificação, como algo útil e aplicável para a vida das pessoas, principalmente as pessoas que possam por esse tipo de problemática.

E no que aponta a fala de LQ7, Pergunta 6, Quadro 16, verificamos que ela também está alinhada ao contexto em discussão, pois ao responder, cita que a reação de saponificação pode diminuir o impacto do óleo ao meio ambiente. Assim, esse entendimento e também alguns pontos referidos por LQ14, de acordo com Shumer (2004), é a forma de reconhecer que as reações químicas estão relacionadas a conhecimentos que vão além da Química, pois está entrelaçada com as percepções dos cientistas e de seus significados para a sociedade.

Nesse sentido, o contexto cotidiano a partir de um problema ambiental também está relacionado com a fala de LQ14, Quadro 16, quando explica sobre a reação de saponificação como uma compreensão científica para diminuir o impacto do óleo ao meio ambiente que está conectado a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**. Mas também é importante destacar que, ao aludir que “O óleo vai para o esgoto e contamina os mananciais”, denota um compromisso pragmático de consequência e expõe sobre o que fazer, e que essa implicação pode colocar a reação química como algo danoso para o meio ambiente por conta da ação do óleo, demonstrando assim indícios que se aproximam da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**.

Em relação a sétima pergunta, Quadro 16, que abordou o contexto cotidiano relacionado a produção de um bolo, conferimos apenas dois modos de pensar nas falas dos estudantes de Química que contribuíram com a pesquisa. Assim, de acordo com a fala de LQ9, para ele

explicar e representar o uso do fermento química na produção de bolo, ele citou que é uma mistura de bicarbonato de sódio com alguma substância ácido. Segundo Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), no processo de discussão de conceitos químicos, um dos principais esforços é discutir questões cotidianas a partir de explicações científicas, e para que isso ocorra é necessária uma compreensão da linguagem química, como forma de interpretar os fenômenos naturais e ao mesmo tempo desenvolver habilidades cognitivas.

Diante disso, percebemos que LQ9, buscou se deter a esclarecimentos científicos para responder o questionamento, mas ao mesmo tempo, sua fala enfatizou a perspectiva empírica como forma de explicar a ação do fermento químico na feitura do um bolo, ao dizer que “Após contato da mistura com líquidos ou quando são aquecidos a formação bolhas de gás carbônico que fazem a massa crescer”, e nesse caso, as bolhas de gás carbônico seriam as primeiras evidências, que seria confirmada a partir do crescimento da massa. Nesse sentido, averiguamos tanto a clareza do modo de pensar **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, quanto a relação com o contexto, o que mais uma vez corrobora com as nossas inferências de que o contexto possibilita uma aproximação entre conceito e realidade, conforme também é defendido por Rodrigues (2009).

Em sobre a fala de LQ16, Quadro 16, para ele o fermento químico o “bicarbonato de sódio (NaHCO_3)”, um tipo de sal muito presente no dia a dia das pessoas. Assim, a fala de LQ16, aponta alguns elementos importantes, tendo em vista que o contexto relacionado a produção de um bolo requer do discente uma compreensão ampla acerca do conceito de reações químicas, uma vez que envolve informações técnicas e conceituais, inclusive de prática, pois trata-se da produção de um alimento.

Para Yan e Talanquer (2015) o domínio das ideias relacionadas às reações químicas não pode se restringir à compreensão conceitual, mas é necessário que os estudantes saibam aplicá-las de forma adequada em diferentes contextos. Nesse sentido, verificamos que o entendimento de LQ16 é bastante complexo e de alto domínio, tendo em vista que, ele descreveu que “fermento age mais rápido do que o biológico, uma vez que depende apenas da alta temperatura para reagir, não sendo necessário deixar a massa para descansar. Sendo assim, quando colocado para assar, o bolo cresce, pois, o bicarbonato contido no fermento sofre uma reação química que produz gás carbônico.”, assim, demonstra diferenciar de outros tipos de fermentos, assinala relações com a temperatura, e apresentar características do processo.

Assim sendo, percebemos também na fala representativa de LQ16, a relação do contexto com o modo de pensar, tendo em vista ele ao discutir em uma ótica racionalista, bem como trazer a seguinte ilustração “formado por $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{NaHCO}_3$ que quando na presença da

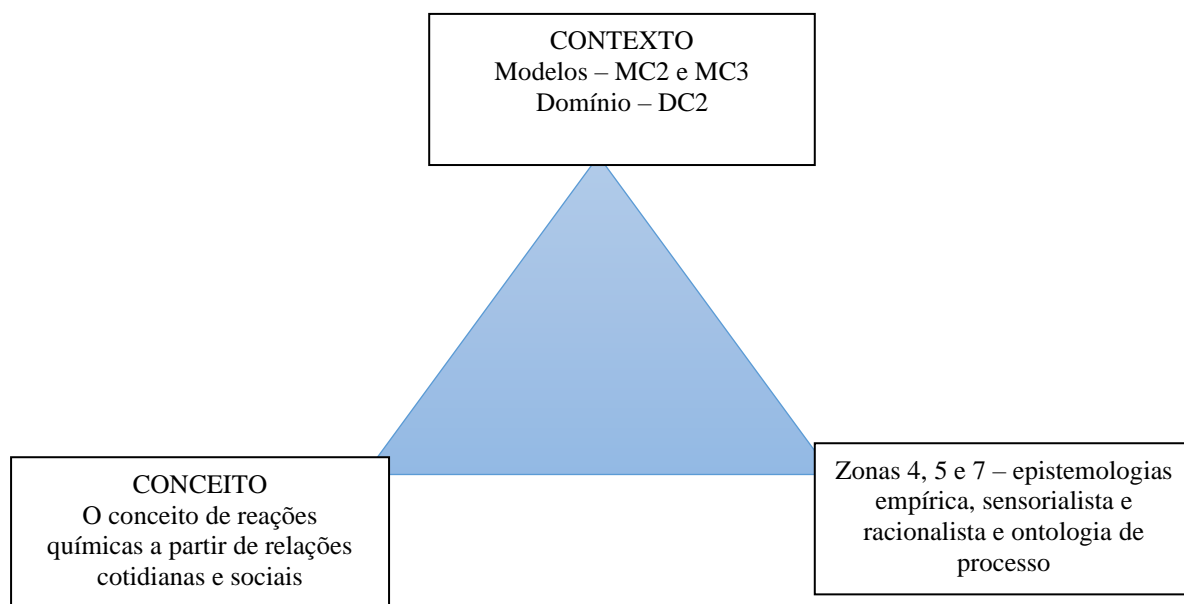
Água forma, $\text{CaHPO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ”, relacionou o contexto cotidiano relacionado a produção de um bolo, com a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, trazendo explicações atreladas as visões científicas, tanto pelas definições, quanto pela representações por meio de equações.

Assim sendo, a partir dessa discussão, também observamos alguns elementos que nos ajudam a pensar acerca da tríade contexto, conceito e zonas do perfil conceitual de reações químicas. *A priori*, considerando o contexto explorado no segundo vídeo, o qual abordou a discussão de estudantes sobre aplicações e definições de reações químicas no cotidiano, verificamos que explorou o modelo de como reciprocidade entre conceito e aplicações (MC2), e também de alguns indícios de contexto como circunstância social (MC3), tendo em vista algumas relações científicas e sociais que envolveu a discussão sobre reações químicas. Além disso, o vídeo e a pergunta vincularam uma reflexão a partir do contexto como domínio social e da sociedade (DC2), na qual ao questionar sobre formas de identificação de uma reação química no dia a dia se pode verificar algumas implicações sociais e consciência cidadã.

Nesse pensamento, na segunda pergunta, Quadro 16, verificamos que o licenciando LQ16 abordou um **compromisso epistemológico sensorial intuitivo (Zona4)** em que a compreensão do conceito de reação química está alinhada ao modo de perceber, cor, cheiro e até a textura, mas também indícios de um **compromisso epistemológico que valoriza o processo empírico** ao explicitar o “enferrujamento de um prego” (**Zona5**). Já o segundo compromisso, conforme o exemplo de LQ19, se configura como **ontológico**, pois há preocupação com a descrição do processo, como foi citado pelo desprendimento de gás e mudança de temperatura, e que esse desprendimento também está relacionado a um **compromisso empírico (Zona5)** na qual a reação química é explicada a partir da mudança de temperatura e de processos prático como a partir do acompanhamento e constatação da liberação de gases. Por fim, o **compromisso epistemológico racionalista (Zona7)** na qual LQ9, enfatizou que a análise de reagentes e produtos a principal forma de identificar uma reação química.

Diante dessas observações, a análise para a Pergunta 2 do questionário do segundo vídeo nos permite ilustrar algumas relações entre o conceito, contexto, zonas das reações químicas, conforme figura síntese, a seguir:

Figura 27: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 2



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos observar na Figura 27, verificamos algumas correspondências entre contexto, conceito e as zonas do perfil conceitual de reações químicas. No tocante ao contexto, ao enfatizar os modelos de contexto e aplicações (MC2) e circunstância social (MC3), a partir da reflexão e explicações das reações químicas vinculada a vida das pessoas e também do domínio de contexto social e da sociedade (DC2) percebemos diferentes impressões dos licenciandos ao explicarem que, ao observarem diferentes fenômenos no dia a dia, se utilizam de diferentes formas de falas e modos de pensar para identificar uma reação química.

Nesse sentido, alguns dos licenciandos, conforme representando no Quadro 16, ao problematizarem as reações químicas e refletirem sobre o contexto de discussão, expuseram que a forma de identificar uma reação química seria a partir da zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)** a partir da mudança de cor e cheiro, bem como por meio do enferrujamento de um prego que se aproxima da **Zona5**, i. e., nesta fala há um indicativo de um registro híbrido com mais de uma zona. Outros licenciandos também explicaram que se pode identificar a partir de explicações que se respaldam na zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, tendo em vista os processos práticos e as evidências como desprendimento de gases como característica para fazer a identificação de uma reação química.

E por fim, também, nos registros de respostas dos nossos sujeitos, examinamos que o conceito e contexto em tela, se encadearam com a zona **reações químicas compreendidas**

como **modelo explicativo (Zona7)**, ilustrando que a identificação ocorre mediante análise de reagentes e produtos, e que isso pode implicar em um entendimento macro, submicroscópica e com diferentes representações.

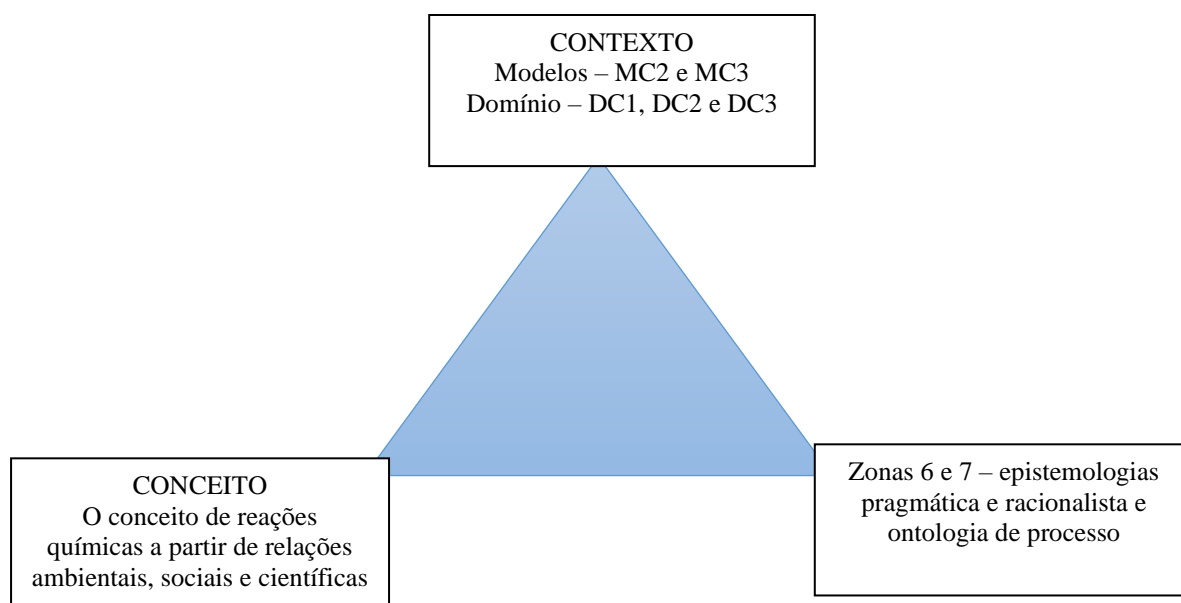
Um segundo exemplo que elencamos foi a partir da Pergunta 6, que a partir do segundo vídeo se concentrou no modelo de contexto como circunstância social (MC3) trazendo uma discussão sobre o posicionamento dos licenciandos acerca do descarte de óleo utilizado na cozinha, bem como a partir de algumas aproximações pontuais de contexto como reciprocidade entre conceito e aplicações (MC2), quando buscou-se exemplificações do conceito de reações químicas para se pensar na aplicações para diminuir o impacto da poluição de óleo no meio ambiente. Ainda podemos verificar implicações de três domínios de contexto, sendo o mais enfatizado o domínio social ou da sociedade (DC2), ao debater sobre não realizar o descarte errado de óleo, pois pode provocar problemas sociais e ambientais, isto é, apresentam diferentes olhares do âmbito social. Bem como, permitiu instigar o domínio pessoal (DC1), na qual os licenciandos puderam refletir sobre suas vidas pessoais, e as razões de se conscientizar para evitar poluição que pode gerar problemas na vida pessoal, logo, esse domínio ficou mais a nível de reflexão, tendo em vista que a consciência também mantém relações em uma ótica social e coletiva. E indícios do domínio científico tecnológico (DC3), considerando algumas possibilidades de explorar as reações químicas a partir do reaproveitamento de óleo na fabricação de sabão.

Assim, observando as falas dos licenciandos, averiguamos que eles entrelaçaram suas considerações na ótica de um **compromisso epistemológico pragmático (Zona6)**, em que, por exemplo, na fala de LQ9, Quadro 16, “[...] poluir os corpos hídricos e afetar significativamente a vida aquática. Podemos diminuir o impacto ambiental ...”, o descarte errado, pode resultar em maléficis para o meio ambiente, e as reações químicas serem associadas a riscos a sociedade. Ainda na fala de LQ9, podemos também verificar indicativo de um **compromisso ontológico de processo**, na qual menciona que, “através do reaproveitamento do óleo na fabricação de sabão caseiro a partir de reações de saponificação” podemos buscar formas para diminuir o impacto do óleo no meio ambiente. Conforme também ilustrado no Quadro 16, na fala representativa de LQ7, podemos também verificar indícios do **compromisso epistemológico pragmático (Zona6)**, quando o licenciando cita que “O óleo vai para o esgoto e contamina os mananciais” expõe uma consequência e a necessidade de uma ação pragmática sobre o que não fazer para causar problemas ao meio ambiente. Mas também, na fala de LQ7, quando busca refletir acerca de como diminuir os impactos do óleo para não ser mais descartado no ralo da

pia, menciona “Reação de saponificação fazendo o sabão a partir do óleo”, que está atrelado a um **compromisso epistemológico racionalista (Zona7)**.

Assim sendo, perante essas observações, podemos apontar algumas aproximações entre o conceito, contexto, zonas das reações químicas, conforme figura síntese, a seguir:

Figura 28: Aproximações contexto, conceito e zonas – Pergunta 6



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir da Figura 28, que faz uma síntese de nossas discussões, podemos verificar que os modelos de contextos circunstância social (MC3) e conceito e aplicações (MC2), e o domínio pessoal (DC1), domínio social ou da sociedade (DC2), domínio científico tecnológico (DC3), vinculados ao contexto do vídeo e das reflexões da sexta pergunta, permitiu com que os licenciandos tecessem posicionamentos sobre não realizar o descarte errado de óleo, para não resultar em problemas sociais e ambientais, e que isso pode ser amenizado pela conscientização pessoal e social, mediante uma alfabetização científico.

De tal modo, isso pode ser averiguado quando o conceito de reações químicas foi colocado para debate a partir de relações ambientais, sociais e científicas, e que os nossos sujeitos ancoraram seus modos de pensar e formas de falar a partir da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, ratificando um valor pragmático na busca pela diminuição do impacto ambiental a partir de reaproveitamento de óleo na fabricação de sabão caseiro, como também para não contaminar mananciais. Vale destacar que a produção de sabão também contempla a visão de que pode ser um material

importante para a sociedade. Por fim, a consciência e a alfabetização científica que alude os contextos, possivelmente estão relacionadas com alguns elementos da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, quando a reação de saponificação é classificada e apontada como uma aplicação plausível para diminuir o impacto do óleo ao meio ambiente.

Assim sendo, a partir da discussão apresentada sobre as questões realizadas a partir do uso de dois vídeos, que abordava diferentes contextos, verificamos indicativos de uma relação entre o contexto e com as principais zonas que emergem. Segundo Rodrigues (2009), a partir dessa relação podemos compreender melhor como os indivíduos organizam seus discursos e práticas sociais, tendo em vista que o contexto e os modos de pensar estão unidos a uma construção sócio-histórica e cultural.

No entanto, percebemos que isso não é um fator determinante, tendo em vista que mesmo utilizando-se de um contexto específico, se o estudante não tiver construído socialmente significados que estejam arrolados a esse contexto, será mais difícil a emergência daquele determinado modo de pensar e forma de falar, porém, como acreditamos na pluralidade conceitual, mesmo o sujeito não expressando a zona que estaria ligado a contexto específico, outras zonas podem ser empregados por ele, e assim, ocorrer a comunicação, como observamos na diversidade de zonas que emergiram nas falas dos licenciandos em Química.

Uma outra questão que conjecturamos a partir dos resultados observados, e em consideração do sujeito não ter construído socialmente significados acerca de determinados contextos, é que uso de contextos pode se configurar como uma prática epistêmica, na qual o uso do contexto pode promover a reflexão do estudante e fazer com que aquele conhecimento necessário seja questionado, investigado, e assim ele busque meios relevantes e adequados para construí-lo.

E para que essa busca ocorra, o papel do professor como mediador é de grande importância, tendo em vista a possibilidade de usar dos pressupostos da contextualização, e assim, empregar uma diversidade de contexto no processo de ensino e aprendizagem. E o compromisso de contextualização que expressamos é para que o Ensino de Química seja discutido destacando a importância e utilidade da Ciência, e como as pessoas podem e devem se inteirar da diversidade de conhecimentos científicos e seus múltiplos sentidos e significados, e assim buscar formas de explicar o mundo que o cercam. É como aponta Bernstein (1998) e Gonzáles (2004), é fazer com que a contextualização como uma prática reflexiva, que valoriza a Ciência, e compreende que ela está interrelacionada com questões sociais, políticas e culturais.

Assim, o uso de contextos no processo de ensino e aprendizagem ganha um significado e uma responsabilidade ainda maior, pois além de promover uma prática epistêmica, contribui para a formação da cidadania. Portanto, a partir dos dados aqui apresentados e discutidos, verificamos a importância do uso de contextos, e sobretudo, do entrelaçamento de contextos e os perfis conceituais, como forma de contribuir na construção de uma prática epistêmica para a construção de significados, guiada pelos pressupostos da problematização e contextualização para formação científica e social de indivíduos.

6.2.2.3 Análise de respostas de licenciandos a situações problematizadoras

Nessa última subseção apresentamos a análise dos dados registrados na quinta etapa da aplicação da Sequência Didática com licenciandos em Química. Enviamos duas situações problematizadoras para cada estudante participante da pesquisa, que nos fariam a devolutiva a partir de relatório com as resoluções para cada problema e vídeos explicativos. Por meio desses relatórios buscamos identificar a emergência de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas relacionadas a distintos contextos.

Ressaltamos, que após a entrega dos relatórios, franqueamos a palavra aos licenciandos para que apresentassem sobre as resoluções das situações, e em seguida realizamos uma conversa apontando algumas reflexões sobre a importância do conceito de reações químicas, resgatamos também algumas memórias da vivência da SD com a turma.

Assim, conforme já enfatizado em nosso percurso metodológico, analisamos os dados construídos a partir dos relatórios, nos quais os licenciando apresentaram resoluções para as duas situações problematizadoras, sendo a primeira sobre o contexto de acidez estomacal na envolvia a discussão de dois amigos que foram passear na praia e após um deles comer feijoada teve queima estomacal e para combater o problema tomou um antiácido contendo diferentes substâncias. A segunda situação problematizadora trouxe abordou o contexto de pilhas, na qual ilustrou uma breve discussão acerca da importância e capacidade de armazenamento de energia de pilhas e baterias, e de suas composições. Em seguida trouxe para o debate os problemas que as pilhas e baterias podem causar as pessoas e ao meio ambiente, e sobre a necessidade do armazenamento consciente.

Para melhor sistematizarmos nossa análise, selecionamos a resolução das situações de dois sujeitos, e o critério de escolha foram as resoluções que exploravam o contexto de cada situação e a emergência de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas.

A seguir, apresentamos a análise das respostas as situações problematizadoras de diferentes licenciandos, considerando a identificação de zonas do perfil conceitual de reações químicas, modelos de contextos e os domínios de contextos. Ressaltamos que, para ajudar na visualização dos domínios de contexto (DC) nas resoluções escritas dos licenciandos as duas situações problematizadoras, para os trechos de falas identificamos da seguinte maneira: DC1 receberá Realce verde (DC1); DC2 receberá Realce cinza (DC2); e DC3 receberá Realce azul (DC3). No tocante aos extratos de falas a respeito das zonas, estes receberam as cores que foram utilizadas ao longo de nossa análise, conforme ilustrado na metodologia para cada zona do perfil conceitual em tela.

Licenciado LQ 11

A seguir, no Quadro 17, apresentamos a resposta da Licencianda LQ11, referente a primeira situação problematizadora sobre o contexto da acidez estomacal.

Quadro 17: Resolução do licenciando LQ11 a primeira situação problematizadora

RESPOSTAS A PRIMEIRA SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA
<p>O que na feijoada leva a sentir azia?</p> <p>O motivo da azia relacionado à feijoada está no excesso de condimento e de gordura, porém outros fatores também podem ser a causa, como estresse, presença de bactérias indesejadas e a nicotina do cigarro, que estimulam a produção e liberação do suco gástrico (contendo ácido clorídrico) no estômago. O excesso de ácido clorídrico causa a sensação de ardência nas paredes do estômago.</p> <p>Qual seria a melhor forma de evitar ou tratar?</p> <p>A melhor forma de evitar a azia é não ingerir alimentos muito condimentados e gordurosos e não passar longos períodos em jejum. Uma vez consumindo tais alimentos, verificar se a pessoa tem uma boa digestão desde a primeira etapa, que é a mastigação. É recomendável a ingestão de alimentos com baixos teores de gordura saturada, de fácil digestão, ricos em proteínas e carboidratos, como carnes brancas, arroz, massas e pães. A feijoada é rica em gordura saturada e é considerada um dos alimentos de mais difícil digestão consumidos no Brasil.</p> <p>Pode-se prevenir também evitando o consumo de bebidas alcoólicas ou, quando consumir, fazer uso de um único tipo de bebida na ocasião para diminuir as possibilidades de gerar ressaca, o que dificultaria a digestão. Além disso, é preciso evitar dormir ou fazer atividades físicas intensas logo após as refeições, pois o sono antes da digestão faz o metabolismo do corpo diminuir, consequentemente, reduzindo o sangue disponível para digerir os alimentos. Quando o alimento demora a ser digerido, são produzidas toxinas, o que ocasiona mal-estar. Em média, o organismo leva quatro horas para fazer a digestão, mas uma hora e meia é o tempo ideal para dormir após a refeição.</p> <p>Uma outra forma de evitar a azia é tomar uma xícara de chá quente depois das refeições, pois o calor do chá favorece a boa digestão. Além disso, dissolve gorduras e diminui a formação de gases.</p>

Caso os sintomas da má digestão já estejam instalados, a melhor opção é recorrer a antiácidos à base de hidróxido de alumínio ou bicarbonato de sódio. Este tipo de medicamento promove um alívio imediato por permitir a ocorrência da reação de neutralização, tendo como produto sal e água.

Utilizando o bicarbonato de sódio (um sal) em solução aquosa é formado ácido carbônico e a base hidróxido de sódio, tornando a solução básica.



Quando se junta uma solução de bicarbonato de sódio ao ácido estomacal, tem-se:



Dessa forma, eliminou-se o ácido clorídrico, porém houve a formação de outro ácido, o carbônico. O ácido carbônico (H_2CO_3) é bastante instável, e facilmente se decompõe em água e dióxido de carbono:



Então, a reação total é a seguinte:



O ácido foi neutralizado e os sintomas da azia foram tratados.

Outra alternativa viável é a ingestão do suco de limão puro ou em solução aquosa. O limão ajuda pelo fato de causar um deslocamento no equilíbrio químico no sentido do ácido clorídrico em meio aquoso:



Quando há uma perturbação em um sistema em equilíbrio, segundo o Princípio de Le Chatelier, o sentido da reação é deslocado para minimizar os efeitos da perturbação. Os íons H^+ são os que caracterizam a acidez, portanto, quanto mais H^+ , maior a acidez do meio. Ao ingerir limão, a quantidade de íons H^+ no estômago aumenta e o equilíbrio é deslocado para consumir os íons H^+ e produzir HCl , removendo H^+ livre e diminuindo rapidamente a acidez do estômago.

Uma característica importante do limão é que possui elevado teor de ácido cítrico, cerca de 5 a 7%, que é ácido quando está livre, mas ao ser consumido e em contato com as células humanas é oxidado e se comporta como um agente complexante, tamponante e bloqueador de prótons (H^+). Isso quer dizer que funciona como um alcalinizante, ou seja, um neutralizante da acidez que estabiliza o meio em pH levemente alcalino. Outro ponto positivo é que os diversos sais do limão se convertem em carbonatos e bicarbonatos de cálcio, potássio, entre outros, aumentando a alcalinidade do sangue.

Que consequências poderá ter à saúde?

A recorrência do excesso de ácido no estômago além de gerar o desconforto da azia, pode levar a problemas de saúde mais sérios como gastrite e úlcera.

1. Questões e problemas na situação que envolvem aspectos químicos e aspectos do contexto – culturais, sociais, ambientais, econômicos e outros.

Saber que o aspecto químico do desconforto gerado pela azia é devido a um excesso de acidez no estômago e que pra recuperação do equilíbrio é preciso ocorrer uma reação de neutralização, fazendo uso de uma substância que aumente a alcalinidade, como uma base, um sal ou até mesmo um ácido que desloque o sentido da reação de formação de íons H^+ , faz com que a pessoa busque rapidamente a resolução do problema e tenha êxito. Além disso, saber que o próprio ácido de um alimento natural é eficiente neste caso, evita o consumo exagerado de alopáticos culturalmente difundido no ocidente, mas que ao mesmo tempo que tratam uma parte do organismo, prejudicam outras. Também é uma alternativa, caso não haja uma farmácia disponível no momento.

Saber que no produto dessa reação são gerados sal e água, nesse caso NaCl, evita que pessoas com pressão alta, consumam essa medicação, evitando problemas de saúde e o gasto advindo do uso do sistema de saúde público, custo que pode ser revertido pra outra área como educação e segurança.

2. Possíveis caminhos para analisar e resolver questões suscitadas na situação apresentada.

Não ingerir alimentos muito condimentados e gordurosos. Uma vez consumindo a feijoada, não se expor ao sol logo após a ingestão, verificar se a pessoa tem uma boa digestão desde a primeira etapa, que é a mastigação. É recomendável a ingestão de alimentos com baixos teores de gordura saturada, como carnes brancas, arroz, massas e pães. Caso haja a azia, o conhecimento químico pode ser utilizado para cessá-la. O ácido clorídrico é um ácido forte que precisa ser mantido em níveis seguros para o organismo, então, buscar um antiácido ou até o suco de limão para neutralizar ou deslocar a reação no sentido contrário à geração de H⁺.

3. Como o conceito de reação química ajudou a compreender e resolver a situação problematizadora no contexto em que ela suscita.

Saber o conceito de reação química e qual o tipo específico da reação envolvida no processo (neutralização), ajudou a saber como intervir para acabar com o desconforto e prevenir futuras azias, evitando, por exemplo o consumo de alimentos gordurosos e a exposição imediata ao calor após a ingestão.

-Como essa situação pode ser trabalhada com estudantes na educação básica no ensino de reações químicas.

A situação pode ser trabalhada com o uso de exemplos do cotidiano como foi o caso da azia, pois dificilmente alguém nunca teve ou soube de alguém que teve azia. Isso faz com que o aluno veja sentido no conhecimento químico com a aplicação prática

. Pode-se primeiro fazer a pergunta de quem já teve ou conhece alguém que teve, depois perguntar se alguém sabe quais são os sintomas e o que geralmente se ingere pra cessar o desconforto. Só a partir daí, começar a falar da presença do ácido no estômago, que o que se ingere é para neutralizar a ação desse excesso de ácido, introduzindo o conceito de reação química fazendo as associações com as informações da situação problema.

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos examinar no Quadro 17, a Licencianda LQ11, verificamos o modelo de contexto que predominou na resolução do problema, diferentes domínios de contexto e distintos modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas.

Em relação ao modelo de contexto, conferimos a predominância do **contexto como circunstância social (MC3)**, a partir da incorporação de questões da sociedade e implicações científicas, sociais e culturais. Assim, em relação as evidências culturais, LQ11, faz alusão da feijoada como uma comida brasileira, resgata uma questão ligada a cultura nordestina acerca do consumo de chás, para combater algum mal estar, e por fim, consumo de medicamentos alopáticos culturalmente difundidos no ocidente. Destacamos que concernente aos aspectos sociais e culturais, nos guiamos em Vigotski (2001), o qual expõe que os aspectos culturais estão relacionados a produção humana e uma obra coletiva, que se constrói a posterior da vida social, mas estão enraizados nos constructos sociais.

O segundo modelo que observamos foi de **contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2)**, na qual verificamos algumas aproximações e aplicações do conceito de reações químicas, pois, LQ11, ao explorar o contexto da acidez estomacal mencionou, sobre problemas de vícios como uso do cigarro e de bebidas alcoólicas que podem resultar em problemas digestivos, também problemas de saúde que podem provocar como gastrite, úlcera, refluxo, que também tem aproximações com MC3. Mas também apresenta implicações científicas, discorreu sobre o uso do antiácido, o princípio de Le Chatelier, discorrendo sobre o uso do limão como forma de melhorar o sistema digestivo por meio do equilíbrio químico, como forma de aplicação.

Conforme podemos perceber, os modelos de contexto nos permitem olhar sobre a situação, e constatar que o uso de contexto diferenciado do dia a dia acadêmico pode suscitar inúmeras discussões, sobretudo alinhado as prerrogativas da contextualização, que segundo Fernandes, Marques e Delizoicov (2016), a contextualização problematiza os diferentes contextos, e assim, eles podem ser utilizados uma prática educativa, política e social, alinhados à Ciência.

Em relação aos domínios de contextos na fala de LQ11, Quadro 17, observamos o **domínio Pessoal (DC1)**, em que a licencianda citava fatos a partir de orientações pessoais, como “evitar a azia é não ingerir alimentos muito condimentados e gordurosos e não passar longos períodos em jejum”, “tomar uma xícara de chá quente depois das refeições, pois o calor do chá favorece a boa digestão” e “recorrer a antiácidos à base de hidróxido de alumínio ou bicarbonato de sódio”, para Jong (2008), nesse domínio inserimos questões que podem fazer com que as pessoas busquem melhorias para suas vidas. Nesse sentido, verificamos na fala de LQ11, trouxe diferentes questões inerentes ao cuidado da saúde pessoal, como forma de mudar o consumo de determinados alimentos, tomar chá, apesar de estar unido as experiências, e não com base em estudos científicos, bem como consumir um antiácido, para cuidar da acidez estomacal.

Segundo Jong (2008), a inserção de fatos relacionados ao domínio pessoal, pode contribuir na conscientização dos indivíduos, pois assim, passam a refletir sobre algumas questões que podem ser danosas a sua qualidade de vida. E por isso, entendemos sua importância, tendo em vista que a acidez estomacal pode envolver diferentes questões que podem conscientizar os estudantes a buscarem as melhores formas de cuidarem ao ter em algum momento esse tipo de experiência, dessa forma, é um conhecimento para a vida, que ultrapassa os muros de escolas e universidades.

O segundo domínio que identificamos, foi o **domínio social e da sociedade (DC2)**, LQ11, Quadro 17, por meio da apresentação de algumas questões que refletem em problemas da realidade, que podem ser correlacionados ao contexto da acidez estomacal. Dentre os pontos que observamos que LQ11, discorreu que o estresse, e o tabagismo podem estimular a produção do suco gástrico, e com isso, aumentar as chances da acidez estomacal se fazer mais presente na vida das pessoas que se enquadram nessas problemáticas.

Além disso, LQ11, ainda apontou problemas acerca do consumo de bebidas alcoólicas, e de medicamentos alopáticos, que podem trazer diferentes agravamentos sociais, e é tanto, que se configuram como problema de saúde pública. Nesse sentido, averiguamos a importância a inserção do domínio social e da sociedade na abordagem de conceitos científicos, pois além de trazer contribuições conceituais, discutem também temas inerente a realidade das pessoas, o que ajuda na formação cidadã dos estudantes.

Para Vos (2014), esse referido domínio é muito significativo quando abordado com um bom planejamento e zelo pelas questões sociais, uma vez que ajuda na elucidação da importância da Química para a sociedade, e permite com que professores e estudantes reconheçam o papel da Química e suas variadas contribuições para o desenvolvimento social.

No que tange ao **domínio científico tecnológico (DC3)**, conferimos que LQ11, Quadro 17, buscou relacionar os problemas da acidez estomacal com algumas questões científicas, por exemplo, ao direcionar sobre os sintomas da má digestão, disse “melhor opção é recorrer a antiácidos à base de hidróxido de alumínio ou bicarbonato de sódio. Este tipo de medicamento promove um alívio imediato por permitir a ocorrência da reação de neutralização, tendo como produto sal e água”, nesse exemplo, observamos que tanto ocorre a relação com o problema da acidez, bem como uma relação com o tratamento por meio da recomendação do consumo do antiácido, como forma de neutralizar o problema da acidez no estômago.

Outro exemplo que percebemos, foi que ao recomendar uma outra alternativa para combater o problema de acidez estomacal disse ser “viável é a ingestão do suco de limão puro ou em solução aquosa. O limão ajuda pelo fato de causar um deslocamento no equilíbrio químico no sentido do ácido clorídrico em meio aquoso: $\text{HCl}_{(aq)} \leftrightarrow \text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ Quando há uma perturbação em um sistema em equilíbrio, segundo o Princípio de Le Chatelier, o sentido da reação é deslocado para minimizar os efeitos da perturbação”, assim, nesse exemplo, LQ11, além de mencionar sobre o problema do contexto em discussão, trouxe uma outra indicação a partir do uso do limão para controlar a acidez no estômago, a qual estava respaldada por uma teoria, que também pode ter implicações da História da Ciência.

No segundo exemplo de LQ11 aponta sobre deslocamento de equilíbrio, sistema em equilíbrio, Princípio de Le Chatelier, a partir do uso de medicamentos naturais, todos relacionados com o caráter científico, ratificando as várias possibilidades de se debater sobre o conceito de reações químicas, como também suas implicações científicas e sociais.

Para Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), as reações químicas fazem parte da vida das pessoas, diariamente consumimos alimentos, medicamentos, também fora de nossas casas várias indústrias estão elaborando formas de melhorar os produtos, a agroindústria criando novos compostos, e em tudo isso, o conceito de reações químicas está presente, e por isso, expressam que é muito necessário com que os estudantes reconheçam a importância desse conceito para a sociedade, e o crescimento científico e tecnológico.

No que tange aos modos de pensar observados na resolução da primeira situação problematizadora, observamos que em diferentes partes da resposta de LQ11, Quadro 17, houve a emergência de diferentes zonas do perfil conceitual de reações químicas. Sobre a primeira zona identificamos indícios da zona **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, na qual LQ11 explanou que uma forma de evitar a azia, seria tomar uma xícara de chá quente, pois dissolve gorduras e diminui a formação de gases”, assim, de acordo com essa fala verificamos uma concepção que generaliza o conceito de reações químicas, pois parece que qualquer chá pode ser utilizado para auxiliar na digestão, e ainda mais que o calor do chá poderia contribuir com essa questão, nesse sentido, a fala da licencianda está atrelada a um realismo ingênuo, pode fazer parte de suas experiências e vivências. Pode haver algum tipo de chá, mas isso não foi especificado, e por isso, gerou-se uma forma de generalização. Ainda na fala de LQ11, verificamos também indícios de uma fala híbrida, uma vez que ao citar que ao tomar o chá depois das refeições “o calor do chá favorece a boa digestão, demonstra o indicativo da zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, em que sugere a sensação de calor do chá como uma reação química.

Outro trecho que destacamos, observamos uma fala sugestiva à zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, em que para a licencianda, Quadro 17, “O excesso de ácido clorídrico causa a sensação de ardência nas paredes do estômago”, diante dessa afirmação, averiguamos que o nosso sujeito apresenta uma reação da reação química que ocorre no estômago que pode resultar na acidez estomacal pode ser relacionado a uma sensação, e que nos sugere compreender, que a identificação dessa sensação no organismo já pode resultar na confirmação da reação.

Sobre o terceiro indício de zona está arrolado na compreensão das **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, LQ11, Quadro 18, ao citar que o limão “possui elevado teor de ácido cítrico, cerca de 5 a 7%, que é ácido quando está livre, mas ao ser consumido e em contato com as células humanas é oxidado e se comporta como um agente complexante, tamponante e bloqueador de prótons (H^+)”, aponta uma visão técnica experimental, em que a descrição da reação química é a melhor forma de detalhar a ocorrência dela, e o efeito tampão, é a principal evidência. Essa valorização da reação a partir da evidência, se configura com um conhecimento muito importante na área da química, pois conforme já discutido, ela nasce guiada nas bases da experimentação e da observação (MAAR, 2008).

Um segundo exemplo ainda sobre a **Zona5**, LQ11, Quadro 17, ao explicar sobre os sintomas da má digestão que provoca a azia, e assim ao consumir o antiácido ou o limão “ácido clorídrico é um ácido forte que precisa ser mantido em níveis seguros para o organismo, então, buscar um antiácido ou até o suco de limão para neutralizar ou deslocar a reação no sentido contrário à geração de H^+ ”, é interessante percebermos que, na resposta, LQ11 destaca que esse tipo de informação é possível por conta dos conhecimentos químicos, desse modo, a forma de explicar a reação química como um processo empírico, é muito significativo para ele, o que ratifica a importância da Química, e dos estudos sobre reações químicas para a sociedade, conforme também apontando por Caamaño e Marchán (2021), Izquierdo, Merino e Marzábal (2021).

A quarta zona que identificamos, foi **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, e como indício de exemplificação ilustramos um trecho de fala expresso por LQ11, Quadro 17, diz “Saber que no produto dessa reação são gerados sal e água, nesse caso NaCl, evita que pessoas com pressão alta, consumam essa medicação, evitando problemas de saúde e o gasto advindo do uso do sistema de saúde público, custo que pode ser revertido pra outra área como educação e segurança”, conforme podemos constatar, ter consciência sobre as reação química que envolver o uso do antiácido, por exemplo, pode salvar vidas de pessoas com hipertensão, tendo em vista que tais informações podem ser divulgadas, e assim, ajudar a sociedade, e como dito por LQ11, contribuirá com a saúde pública.

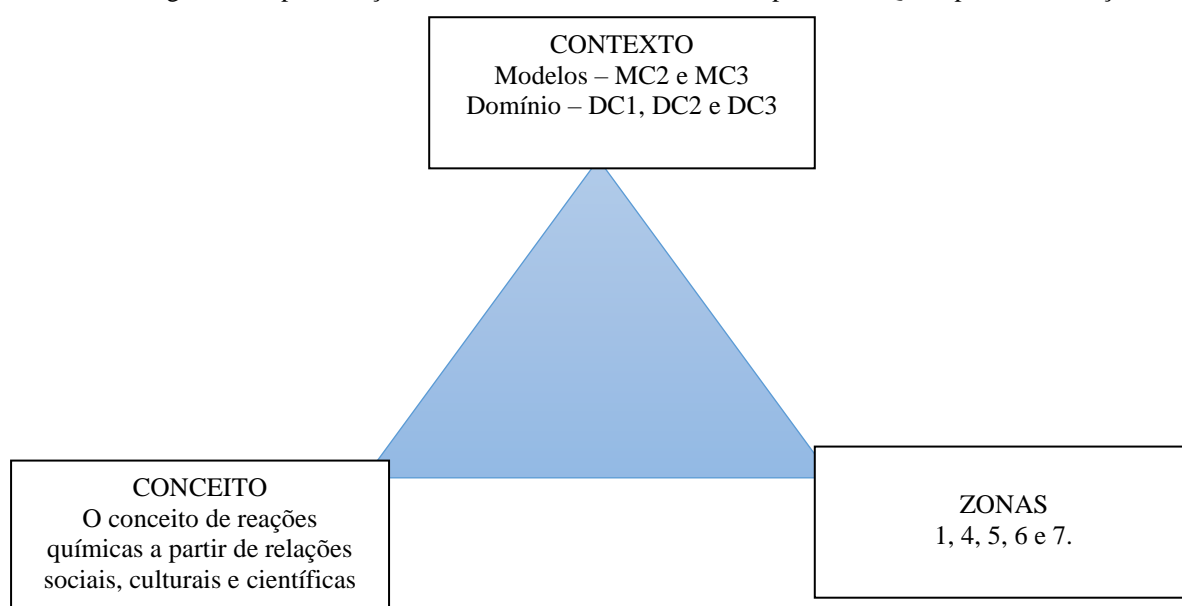
Por fim, a ultima zona que verificamos a incidência na fala de LQ11, Quadro 17, foi de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, em que o conceito de reação químicas foi expresso por meio de representação como: “ $NaHCO_3 + H_2O \rightarrow NaOH + H_2CO_3$ ” ao explicar a utilização de sódio em solução aquosa, na qual forma o ácido carbônico

e a base hidróxido de sódio, tornando a solução básica, e “ $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ”, ao definir a solução de bicarbonato de sódio para tratar a acidez estomacal.

E uma segunda evidência desse modo de pensar, foi a partir de uma classificação, quando cita o tipo de reação de neutralização, conforme ilustrado a seguir: “saber o conceito de reação química e qual o tipo específico da reação envolvida no processo (neutralização), ajudou a saber como intervir para acabar com o desconforto e prevenir futuras azias, evitando, por exemplo o consumo de alimentos gordurosos e a exposição imediata ao calor após a ingestão”, e uma outro modo de pensar também presente nessa, o que a configura como zona híbrida, em que mais de um modo de pensar emerge em uma mesma expressão do sujeito (DINIZ JÚNIOR; SILVA; AMARAL, 2015), foi alguns indícios da **Zona6, reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais**, ao elucidar que o conceito de reações químicas lhe ajudara a prevenir futuras azias, como algo útil a vida das pessoas. E que tais fatos novamente confirmam a importância das reações químicas para a vida das pessoas, como o conhecimento de reação de ácido e base, defendido por Caamaño (2021) como conhecimento essencial para a Química e para a educação de estudantes, além de suas múltiplas aplicações a benefício da sociedade.

Assim, a partir de todas essas considerações expostas, podemos perceber que existe algumas correspondências da tríade contexto, conceito e zonas do perfil conceitual de reações químicas.

Figura 29: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ11 a primeira situação



Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme podemos verificar, Figura 29, em nossa análise observamos que o conceito de reações químicas foi abordado a partir de relações sociais, culturais e científicas. Assim, na fala de LQ11, observamos a resolução da primeira situação problematizadora povoou os modelos de contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2) e circunstância social (MC3), em que houve o reconhecimento da feijoada como uma comida ligada a cultura brasileira, e por ser muito consumida pode ocasionar problemas de acidez estomacal, e que estes problemas podem aflorar o debate de questões sociais como vícios, bem como a patologias, implicadas no organismo humano, mas ao mesmo tempo reverberado a partir de algumas aplicações como forma de melhorar o sistema digestivo por meio do equilíbrio químico.

É interessante também percebermos que LQ11, Quadro 17, ao expor sua resposta explorou o contexto como domínio Pessoal (DC1), na qual o contexto em tela permitiu entender o conceito de reação química como um conhecimento que pode ajudar a evitar azia, e assim cuidar mais de sua saúde. Também explora o contexto a partir do domínio social e da sociedade (DC2), a partir do momento que teceu reflexões da realidade social, que estão atreladas ao conceito de reações químicas por conta da ocorrência da acidez estomacal, em que o conceito em discussão tanto estava sendo relacionado a questões conceituais, como também instigando o debate a partir de concatenações com implicações sociais como forma de contribuir com a formação para a cidadania. Por fim, LQ11, Quadro 17, também explorou o contexto como domínio científico tecnológico (DC3), uma vez que, buscou relacionar os problemas da acidez estomacal com algumas questões científicas, em que o conceito de reações químicas também foi discutido ao uso de antiácidos à base de hidróxido de alumínio ou bicarbonato de sódio como forma de amenizar o problema da acidez no estômago, mediante a reação de neutralização. E além disso, LQ11 expôs correspondências do contexto e o conceito de reações a partir de concatenações com o equilíbrio químico no sentido do ácido clorídrico em meio aquoso a partir de representações de uma reação química.

Dessa forma, ao problematizar os modelos e domínios de contexto, entrelaçando ao conceito de reações químicas, podemos verificar que emergiram diferentes zonas, por exemplo, ao LQ11 discutir ancorar sua fala alinhada ao domínio DC1, sobre tomar a xícara de chá quente, trouxe indicativos das zonas **transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança (Zona1)**, ao generalizar e tratar de forma indiscriminada que chá teria como dissolver gorduras, bem como da zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, já que associou o calor do chá a capacidade de favorecer

uma boa digestão, expondo uma concepção alinhada a um compromisso sensorial e intuitivo.

Também observamos que ao evocar o domínio DC2, em que explicava sobre os fatores sociais e vícios como uso de cigarros e etc., podem estimular “produção e liberação do suco gástrico (contendo ácido clorídrico) no estômago”, denotando uma explicação considerando um processo no suco gástrico na qual pode ser evidenciado a partir da acidez estomacal, e desse modo se aproxima da zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**. Mas também traz uma fala híbrida, isto é, com mais de uma zona, já que cita que o “excesso de ácido clorídrico causa a sensação de ardência nas paredes do estômago”, e essa fala a partir de uma sensação, demonstra-se uma relação com a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**.

Em outro extrato, por exemplo, LQ11 também empregou o DC2, mas com aproximações da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, ao expor que “no produto dessa reação são gerados sal e água, nesse caso NaCl, evita que pessoas com pressão alta, consumam essa medicação, evitando problemas de saúde”, expondo uma concepção atrelada a um pragmatismo de utilidade para o conceito de reações químicas.

Por fim, verificamos em vários trechos da fala de LQ11 a Zona 7, tanto considerando como processo, como dito na discussão que envolvia o domínio DC3, em que o “conceito de reação química e qual o tipo específico da reação envolvida no processo (neutralização)”, trazendo uma relação próxima com a zona **químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, pois além de reconhecer sua ocorrência ainda consegue classificar, demonstrando uma aproximação a um compromisso racionalista.

Assim sendo, estes foram alguns indicativos das conexões da tríade contexto, conceito e zonas do perfil conceitual, conforme se pode observar no Quadro 17, dentre tantos outros exemplos, e alguns deles conforme já exposto apresentam uma fala híbrida, o que nos aponta sobre a importância de entendermos as aproximações da tríade no processo construção de significados.

Dando continuidade a nossa análise, no Quadro 18, expomos a resposta da licencianda LQ11, concernente a resolução da segunda situação problematizadora acerca do contexto de pilhas.

Quadro 18: Resolução do licenciando LQ11 a segunda situação problematizadora

RESPOSTAS A SEGUNDA SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA
--

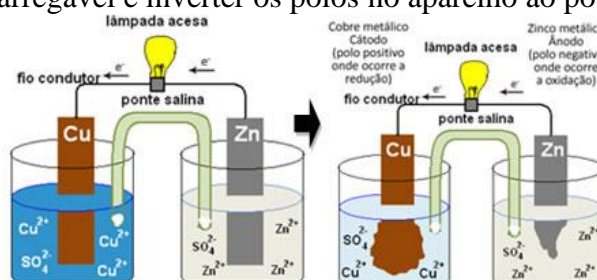
O que acontece no interior da pilha para que ela possa produzir energia? <i>As pilhas são formadas por um eletrólito e dois eletrodos um eletrodo negativo (ânodo), onde ocorre a</i>

reação de oxidação; e um eletrodo positivo (cátodo), onde ocorre a redução. O eletrólito ou ponte salina é a solução condutora de íons.

Para entender como a corrente elétrica é gerada, é importante observar o funcionamento da pilha de Daniell. Nesta pilha, há um recipiente com uma solução de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$) e, mergulhada nessa solução, existe uma placa de cobre. Em outro recipiente, há uma solução de sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_{4(\text{aq})}$) e uma placa de zinco mergulhada. As duas soluções são ligadas por uma ponte salina (tubo de vidro com uma solução de sulfato de potássio $\text{K}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ com lã de vidro nas extremidades). Por fim, as duas placas são interligadas por um circuito externo, com uma lâmpada, cujo acendimento indica a passagem de corrente elétrica. A diferença da pilha de Daniell para as pilhas atuais é que são secas, não utilizam eletrólito líquido, mas possuem o mesmo mecanismo, em que um metal doa elétrons para outro, por meio de um condutor, gerando a corrente elétrica.

Quando uma pilha estoura, o que provavelmente provocou este processo?

O acúmulo de gás hidrogênio, que é inflamável. Com o passar do tempo, os componentes químicos da pilha formam naturalmente esse gás, que vai se armazenando dentro da pilha e pode entrar em combustão devido a uma série de fatores. Pilhas comuns, quando estouram, soltam um líquido marrom, que é a mistura dos metais na parte interna. Já as alcalinas soltam um pó branco. Nos dois casos, elas não podem ser utilizadas novamente. Os fatores que podem causar o estouro são: arrancar o envoltório da pilha, excesso de calor, carregar pilha não recarregável e inverter os polos no aparelho ao posicionar a pilha



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilhas.htm>

O zinco tem maior tendência de se oxidar (perder elétrons), por isso, o zinco metálico da lâmina funciona como o eletrodo negativo, o ânodo, onde ocorre a oxidação:



Os elétrons perdidos pelo zinco são transportados pelo circuito externo até o cobre, gerando a corrente elétrica que liga a lâmpada. Os íons cobre da solução recebem os elétrons (reduz) e transformam-se em cobre metálico que se deposita sobre a lâmina de cobre. Isso significa que esse é no eletrodo positivo, cátodo, onde ocorre a redução:



Ao interligar as duas placas por um circuito externo, a corrente elétrica passa e liga a lâmpada.

Como podemos diminuir contaminações ambientais e em seres humanos provocados pelo descarte indevido de pilhas e baterias, que leva à contaminação de águas e solos por meio de metais pesados?

Todos são responsáveis pelo consumo e descarte consciente dos materiais utilizados. É preciso ter esse compromisso com a saúde coletiva e com o meio ambiente. Mas vale salientar que a responsabilidade de recolher e encaminhar adequadamente as pilhas após o uso é do fabricante. Portanto, os materiais usados devem ser entregues aos estabelecimentos que comercializam ou às assistências técnicas autorizadas, para que eles repassem os resíduos aos fabricantes ou importadoras. As pilhas e baterias podem ser recicladas, reutilizadas, ou

podem passar por algum tipo de tratamento que possibilite um descarte não nocivo ao meio ambiente.

Outro cuidado que deve ser tomado é com relação às pilhas "piratas". De procedência duvidosa, elas podem conter materiais mais tóxicos do que as regularizadas. É importante também observar a rotulagem do produto, pois na embalagem consta que a pilha pode ser ou não descartada no lixo comum. As pilhas do tipo alcalinas não contém metais pesados em sua composição. Já as pilhas comuns, como as recarregáveis, possuem mercúrio, cádmio e chumbo, e devem ser devolvidas ao fabricante para evitar a contaminação de águas, solos e das pessoas.

1. Questões e problemas na situação que envolvem aspectos químicos e aspectos do contexto – culturais, sociais, ambientais, econômicos e outros.

Os processos químicos de tratamento de água são trabalhosos e, por vezes, onerosos, então, o descarte de pilhas em locais inapropriados geram desequilíbrios ambientais que para serem solucionados requer um aporte financeiro, o que mexe na economia. Os metais pesados existentes na pilha, bem como os riscos de estouros, afetam a saúde humana e contribuem para aumentar a demanda nos postos de saúde. Outro problema relacionado às pilhas que afeta a economia, a sociedade e o ambiente é a falsificação. Dados da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) apontam que o Brasil utiliza 1,2 bilhão de unidades de pilha anualmente, 40% deste número vem da produção falsificada, ou seja, fora do controle da legislação e contendo níveis maiores de metais pesados em sua composição. Embora as pilhas tenham um tamanho pequeno e aparentemente não sejam capazes de causar grandes problemas, é justamente em sua composição e o descarte incorreto que são responsáveis por prejudicar, demasiadamente, a saúde e o meio ambiente.

2. Possíveis caminhos para analisar e resolver questões suscitadas na situação apresentada.

Primeiramente, promover campanhas para a população se conscientizar a respeito do excesso de consumo e do necessário descarte adequado das pilhas. Depois, fiscalizar os fabricantes para que façam sua parte no recolhimento desses resíduos. Incentivar as pesquisas científicas para encontrar meios cada vez mais práticos e eficientes de reutilizar ou inativar os compostos prejudiciais antes de serem descartados no meio ambiente.

3. Como o conceito de reação química ajudou a compreender e resolver a situação problematizadora no contexto em que ela suscita.

O conceito de reação química ajudou a compreender o funcionamento da pilha/bateria tão necessária para suprir as necessidades humanas na era tecnológica para a geração de energia. A reação de óxido-redução envolvendo a pilha requer a presença de metais pesados, então, saber que estes metais estão envolvidos no processo leva a pensar em maneiras de evitar a contaminação das pessoas, do meio ambiente e do prejuízo econômico.

-Como essa situação pode ser trabalhada com estudantes na educação básica no ensino de reações químicas.

Há a necessidade de estimular o aluno a conhecer e praticar ações no dia-a-dia, que refletem diretamente no meio ambiente, saber mais sobre a presença de substâncias químicas que exigem maiores cuidados, como é o caso dos metais pesados existentes na pilha, e como lidar com estes materiais e substâncias são fundamentais. A contextualização das aulas se tornam fundamentais podendo os conceitos de pilha e reação de óxido-redução serem trabalhados nos conteúdos de eletroquímica, sempre associando a práticas cotidianas e questionando os alunos sobre quais as informações prévias já possuem a respeito do tema e construindo o conhecimento junto a eles confirmando o que for correto e desconstruindo os equívocos.

De acordo com o Quadro 18, exibimos a resolução da segunda situação problematizadora realizada pela licencianda LQ11, ao discutir sobre o contexto de pilhas. Assim, em linhas gerais observamos manifestação de dois modelos de contextos, bem como de diferentes domínios de contextos e modos de pensar o conceito de reações químicas.

No tocante ao primeiro modelo de contexto identificado, **Contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2)**, na primeira parte da resolução que compreende os cinco primeiros parágrafos, LQ11, Quadro 18, explica sobre a formação da pilha por um eletrólito e dois eletrodos, em seguida explana o detalhamento da pilha de Daniell, que processo das alterações acerca do estouramento e o modelo de uma pilha, assim, observamos que a licencianda direciona a sua fala ao conceito de pilha e aplicação desse conceito, a partir dos exemplos, mas mantém essa discussão de forma linear, apenas ratificando a importância conceitual, por meio das exemplificações, como forma de contribuir no entendimento do conceito em tela.

De acordo com Gilbert (2006), a exploração do modelo de contexto **MC2**, foca no aprofundamento conceitual, em que a relação conceito e significado prevalece em grande parte da discussão, conforme percebemos na fala de LQ11. O autor elucida que esse tipo de modelo é muito importante na construção de significados, pois pode ajudar na compreensão do conceito e de suas variadas aplicações, no entanto, não busca refletir sobre questões sociais e ambientais.

Já no que identificamos como segundo modelo de contexto, **Contexto como circunstância social (MC3)**, a partir do sexto parágrafo, resolução de LQ11, Quadro 18, conferimos o destaque acerca de contaminações ambientais, consumo e descarte consciente, e formas viáveis de resolver, o que une a valorização de Ciência, Sociedade e Tecnologia como caminhos possíveis para pensar sobre a pilha.

Assim, esses aspectos também são corroborados por Gilbert (2006), ao expressar que o modelo **MC3** traz para o debate o desenvolvimento tecnológico, mas ao mesmo tempo suas implicações sociais, ambientais e científicas, para que assim, os indivíduos estabeleçam uma compreensão da linguagem científica e suas variadas aplicações, e que problematizem sua realidade, fazendo com que a Ciência der suportes para refletir sobre questões do entorno social e tecnológico.

Por isso, ainda na fala de LQ11, a licencianda ressalta a necessidade de promover campanhas populares, unindo a sociedade e os fabricantes de pilhas, para que assim possam enfatizar o reconhecimento de resíduos, bem como estimular os estudantes a conhecer e praticar os variados conhecimentos que podem ser explorados a trabalho sobre o contexto de pilhas. Desse modo, percebemos que o modelo **MC3** é de grande valia a ser explorado em sala de aula,

pois consegue tanto enriquecer o debate conceitual, quanto a pluralidade de ideias olhando para as pessoas, e isso, para nós, é de grande importância tendo em vista que pode contribuir ainda mais com a teoria dos perfis conceituais, e além disso, para o conceito de reações químicas.

Em relação aos domínios de contexto que identificamos, o primeiro, está atrelado ao **domínio Pessoal (DC1)**, já que, LQ11, Quadro 18, trouxe em sua fala questões que poderiam ter implicações pessoais, no intuito de relacionar o contexto em discussão com a vida particular de outras pessoas. Dessa forma, a licencianda apontou “Todos são responsáveis pelo consumo e descarte consciente dos materiais utilizados. É preciso ter esse compromisso com a saúde coletiva e com o meio ambiente”, buscando conscientizar sobre o descarte, e frisando a ideia de que, cada pessoa deve refletir sobre o consumo e que isso não gere problemas a saúde e ao meio que cada indivíduo reside.

Outra questão que LQ11 também assinalou, foi sobre a fiscalização dos fabricantes, como forma de conscientizar cada pessoa a cobrar da indústria que produz as pilhas, para que dessa forma o recolhimento seja efetivo e não prejudique a vida das pessoas. De acordo com Vos (2014), essa forma de conscientização é algo muito necessário, pois pode ajudar os estudantes, a discutirem sobre problemas que podem ser danosos as suas vidas, como por exemplo, o consumo de medicamentos sem receita médica, dentre outras questões que são importantes para conscientização individual.

Sobre o segundo domínio que constatamos, **domínio social e da sociedade (DC2)**, LQ11, Quadro 18, apresentou a evidência sobre a reciclagem e reutilização, como uma problemática que envolve o contexto de pilhas, que respaldam em questões sociais e ambientais. Nesse sentido, enfatizou que “descarte de pilhas em locais inapropriados geram desequilíbrios ambientais que para serem solucionados requer um aporte financeiro, o que mexe na economia”, assim, a licencianda apresenta uma questão faz parte da realidade de muitas pessoas, e que o descarte errado traz problemas que podem ser refletidos na vida de todos os atores sociais.

Para Jong (2008) e Vos (2014), realçar o debate entre a realidade e os conceitos, é uma forma de fazer com que professores e estudantes reflitam sobre seus papéis na sociedade, e em suas comunidades, mas não se limitando ao dia a dia, mas fazendo dos problemas sociais um caminho para a aprendizagem. Essa visão dos autores, é também defendida na Base Nacional Comum Curricular, quando ratifica que o conhecimento científico deve estar conectado a vida real dos estudantes, e que os contextos podem dar um sentido maior a aprendizagem conceitual, e que aprender signifique construir conhecimentos para a formação cidadã.

No que toca ao último domínio examinado, que diz respeito ao **domínio científico tecnológico (DC3)**, LQ 11, Quadro 18, apresentou variadas colocações, que destacaremos algumas a seguir, a primeira dela é sobre o setor tecnológico, unindo a questão social sobre o consumo consciente, e que os fabricantes e distribuidores sejam responsáveis pelo recolhimento e assim, possam ampliar técnicas de reciclagem e reutilização, fazendo a junção de Ciência e Tecnologia. Essa visão de LQ11 é bastante enfática, pois ao comentar sobre a necessidade de “Incentivar as pesquisas científicas para encontrar meios cada vez mais práticos e eficientes de reutilizar ou inativar os compostos prejudiciais antes de serem descartados no meio ambiente”, deixa muito evidente que é uma demanda emergente sobre o contexto de pilhas, e que a pesquisa científica poderá subsidiar o aprimoramento tecnológico acerca da produção de pilhas, ao mesmo tempo que dirime problemas sociais e ambientais.

Wartha, Silva e Bejarano (2013) e Soares e Leite (2021), expressam que essa forma de pensar a sociedade, é um dos caminhos para transformar o sentido de ensinar, e que, o ato de contextualizar, isto é, de explorar diferentes contextos, é uma forma de formar estudantes críticos, reflexivos e que valoram a Ciência. Essa perspectiva dos autores é ratificada por LQ11, ao dizer que ao ensinar reação de óxido-redução, podem associar “a práticas cotidianas e questionando os alunos sobre quais as informações prévias já possuem a respeito do tema e construindo o conhecimento junto a eles confirmando o que for correto e desconstruindo os equívocos”, demonstrando assim, que ensinar conceitos científicos, em especial o de reação química, também é um caminho de formação social, para que erros sejam repensados e novas ideias sejam inseridas.

Assim sendo, a partir da compreensão da importância do domínio DC3, verificamos esse tipo de abordagem é uma demanda primordial para o ensino de Química, que é incentivar a construção de argumentos epistemológicos acerca do conhecimento escolar, e desse modo construir pontes entre a realidade dos estudantes e suas indagações, e uni-las com os conhecimentos científicos, para que não sejam vistos como dicotômicos, mas que o conhecimento científico é importante e necessário as suas vidas, e que esta imbricado em diferentes contextos socioculturais.

Sobre as zonas que identificamos, a primeira foi **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)** pois quando LQ11, Quadro 18, expôs que “O zinco tem maior tendência de se oxidar (perder elétrons), por isso, o zinco metálico da lâmina funciona como o eletrodo negativo, o ânodo, onde ocorre a oxidação”, denota que na ocorrência da reação química de uma pilha, o zinco tem uma propriedade intrínseca de se oxidar, e que

esse processo ocorre de forma natural, sem fatores que possam implicar na manifestação da reação química.

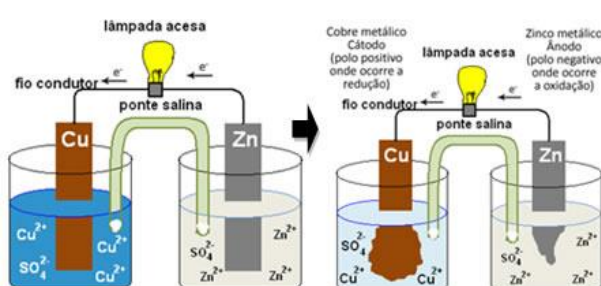
A segunda zona, diz respeito a reações **químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, já que, ao LQ11, Quadro 18, expressar que: “Pilhas comuns, quando estouram, soltam um líquido marrom, que é a mistura dos metais na parte interna. Já as alcalinas soltam um pó branco”, percebemos que licenciando elenca algumas questões que estão atreladas a percepções, como o estouro, a coloração marrom do líquido, e o pó branco, e tais características, ratificam que o uso do contexto de pilha, pode suscitar o modo de pensar que valoriza as questões mais sensoriais, em determinados momentos, como forma de explicar o conceito de reações químicas.

Sobre a terceira zona, **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, verificamos que LQ11, Quadro 18, explanou que “Isso significa que esse é no eletrodo positivo, cátodo, onde ocorre a redução”, assim, a partir desse trecho de fala, observamos que há uma aproximação entre a forma de descrição da reação química, com o valor pragmático da zona em tela, uma vez que a valoração acerca da caracterização do experimento, e o destaque a evidência, como a redução no trecho acima, clarifica os pressupostos da Zona5, uma vez que os aspectos empíricos os quais envolvem o conceito de reações químicas se tornam mais valorizados, mas também se aproxima da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, quando menciona que “íons cobre da solução recebem os elétrons (reduz) e transformam-se em cobre metálico”, exibindo assim um modo de pensar híbrido em que emerge mais de um modo de pensar, conforme também observado em Simões Neto (2016).

No que tange a quarta zona, identificamos a de **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, pois quando LQ11, Quadro 18, explicou que “O conceito de reação química ajudou a compreender o funcionamento da pilha/bateria tão necessária para suprir as necessidades humanas na era tecnológica para a geração de energia. A reação de óxido-redução envolvendo a pilha requer a presença de metais pesados, então, saber que estes metais estão envolvidos no processo leva a pensar em maneiras de evitar a contaminação das pessoas, do meio ambiente e do prejuízo econômico”, demonstrou indicativos de que o conceito de reação química é algo útil e atende as demandas das pessoas, desse modo, constata elementos acerca do valor pragmático da referida zona, em que a pilha gera energia que atende determinadas demandas dos indivíduos, e além disso ratifica que é um conhecimento que salva vida, com implicações afetivas implícitas, que podem prevenir problemas de pessoas e meio ambiente.

Sendo assim, essa fala de LQ11, é muito importante para nossa pesquisa, pois comprova mais uma vez que o uso de contextos no processo de ensino e aprendizagem e atrelado a teoria dos perfis conceitual, além de ajudar na formação conceitual, pode também contribuir na formação social e humanística de professores e estudantes.

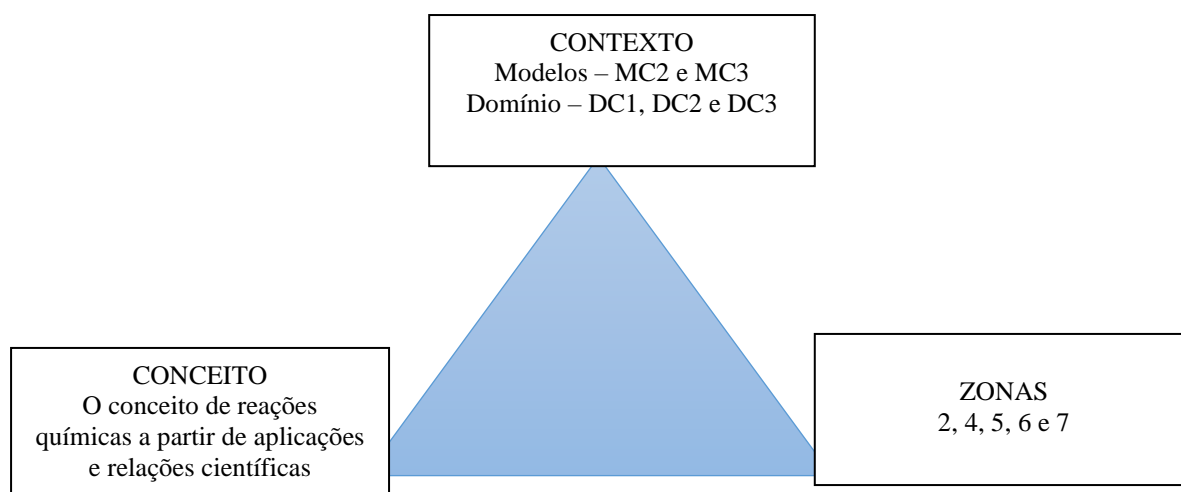
Por fim, a última zona que identificamos, foi a de **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, uma vez que, ao LQ11, Quadro 18, explicar o funcionamento de uma pilha, além de explicar o processo, ilustra uma figura, que está atrelada com valor pragmático da zona supracitada, que é a partir da representação, conforme exibimos pontualmente:



Assim, é interessante observamos que esse modo de pensar é bastante usual no ensino de Química, nas diferentes modalidades de ensino, pois é uma forma explicativa de abordar o conceito de reações químicas, pois pode discutir sobre propriedades, processos energéticos, articular a questões experimentais, dentre outras possibilidades.

A seguir ilustramos na Figura 30, algumas possíveis aproximações entre contextos, conceito e zonas do perfil conceitual de reações químicas a partir dos dados expostos no Quadro 18 e analisado *a posteriori*.

Figura 30: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ11 a segunda situação



Conforme verificamos em nossa análise, e ilustrado na Figura 30, a partir da resolução de LQ11 a segunda situação problematizadora, podemos também verificar algumas aproximações entre contextos, conceito de reações químicas e as diferentes zonas. Inicialmente observamos que a licencianda explorou em sua fala de forma mais representativa o modelo de contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2), na qual detalha um funcionamento de uma pilha e faz algumas relações entre o conceito de reações químicas e suas aplicações a partir das informações de eletrólito e eletrodos, e detalhamento científico da pilha de Daniell, sem tecer muitas relações com questões sociais e ambientais. O outro modelo que observamos foi de contexto como circunstância social (MC3), quando a licencianda fez menção a problemáticas ambientais, e o destaque da Ciência e Tecnologia e suas respectivas implicações sociais como forma de compreender o conceito de reações químicas a partir da discussão sobre as pilhas. Ainda na fala de LQ11, ao organizar sua resposta, empregou algumas ideias de contexto ligadas a três domínios de contexto os quais corroboram nas explicações do conceito de reações químicas, bem como ratificam diferentes modos de pensar e formas de falas do mesmo, por isso, quando a licencianda expõe o domínio pessoal (DC1), ela busca ratificar que o descarte consciente é algo importante, pois tanto permite zelar pela vida individual, bem como preza pela saúde coletiva, tendo em vista que o descarte errado gera consequências sociais e ambientais, e por conta disso, é imprescindível que cada cidadão seja um fiscalizador e tanto cobre como busque melhorias para que o recolhimento e descarte correto ocorra de modo efetivo.

Outros dois domínios foram externalizados na resposta de LQ11, conforme exposta na Figura 30 e no Quadro 18, o domínio social e da sociedade (DC2), na qual enfatizou problemas ambientais, econômicos e sociais que precisam ser sanados por toda a sociedade, e que de fato deve ser uma ação pensando na coletividade. Bem como o domínio científico tecnológico (DC3), na qual se destaca a necessidade de projetos que possam expandir as aplicações científicas e tecnológicas para que aumente espaços que realizem reciclagem e reutilização, e que para isso ocorrer é necessária uma conscientização de cada sujeito para que assim, todos que vivam em sociedade possam contribuir com o desenvolvimento social e ambiental.

É interessante também notarmos que, as aproximações contexto, conceito e zonas, elas incorporam o discurso e se complementam como forma de conceder sentidos a fala da licencianda, por isso, ao explicar que com “o passar do tempo, os componentes químicos da pilha formam naturalmente esse gás, que vai se armazenando dentro da pilha e pode entrar em combustão devido a uma série de fatores” apresenta uma concepção valorizando um domínio DC3, e expressando uma ideia de espontaneidade da ocorrência de uma reação química, que

logo se aproxima da zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, mesmo destacando o contexto que valora as informações mais científicas. E ainda concluindo o trecho, atrelado ao domínio supracitado ao citar “Pilhas comuns, quando estouram” já expressa um modo de pensar que tem concatenações com a zona **reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades (Zona4)**, uma vez o destaque sensorial de que a ocorrência da reação química faz com que a pilha estoure denota uma forma de compreensão do referido conceito.

Em outro extrato de fala, observamos que ao evocar também o domínio DC3, expressa tanto a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, a partir das representações “ $Zn_{(s)} \leftrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2 e^-$; $Cu^{2+}_{(aq)} + 2 e^- \leftrightarrow Cu_{(s)}$ ”, como da narrativa descritiva de que “Os íons cobre da solução recebem os elétrons (reduz) e transformam-se em cobre metálico que se”, quanto a zona **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5)**, ao discorrer que após a reação química ocorre o depósito “sobre a lâmina de cobre. Isso significa que esse é no eletrodo positivo, cátodo, onde ocorre a redução”, como forma de evidenciar todo o processo ocorrido. Por fim, ao empregar o domínio DC2, LQ11, e ao explicitar que “O conceito de reação química ajudou a compreender o funcionamento da pilha/bateria tão necessária para suprir as necessidades humanas na era tecnológica para a geração de energia”, assinala uma valoração social que está atrelada ao domínio já exposto, como também apresenta um indicativo acerca da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, na qual o conceito de reação química ganha um valor pragmático.

Portanto, a partir da resolução das duas situações problematizadoras, verificamos que LQ11, abordou diferentes modelos de contextos, os quais conglomeram um discurso guiado por diferentes domínios de contextos, que são utilizados para incentivar a argumentação, contextualizar informações, e expressar questões para consciência individual, responsabilidade social e pensar sobre problemáticas sociais e realizar concatenações com aspectos científicos, tecnológicos, em que a Ciência contribui diretamente na resolução e reflexão dos problemas.

Por fim, a partir das de situações problematizadoras, as quais focaram no contexto da acidez estomacal e contexto da pilha, verificamos diferentes zonas, o que nos sugere a estreita articulação entre os modelos de contexto que reúnem diferentes domínios, e estes por sua vez, contribuem de forma legítima na emergência de modos de pensar, conforme exposto em nossa análise. Assim sendo, LQ11, apresentou diferentes reflexões acerca do conceito de reações químicas, apresentando não apenas questões conceituais, mas também com concatenações

científicas, sociais e tecnológicas, as quais ratificam a potencialidade do uso de situações problematizadoras.

A seguir apresentamos a análise referentes as resoluções para as situações problematizadoras realizadas por LQ17.

Licenciado LQ 17

Nesse subtópico, exibiremos a análise das resoluções das situações problematizadoras respondida pela discente LQ 17. Assim, no Quadro 19, exibiremos a resposta da Licencianda, acerca da primeira situação problematizadora envolvendo o contexto da acidez estomacal.

Quadro 19: Respostas da licencianda LQ17 a primeira situação problematizadora

RESPOSTAS A PRIMEIRA SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA
<p>Analisando as perguntas apresentadas suas respostas e direcionamento são relativamente simples. Um dos caminhos para se pensar na solução das questões é refletir sobre a digestão da feijoada. O prato leva feijão preto, carne de porco, linguiça, entre outros ingredientes, num total é um alimento pesado e gorduroso, exigindo muito do organismo, aumento da temperatura corporal e mais produção de suco gástrico (composto de ácido clorídrico e enzimas digestivas), consequentemente causando refluxo e depois a azia.</p> <p>Devemos analisar o horário e o ambiente em que Afonso estava se alimentando da feijoada, ele estava na praia, às 14 horas, isso já nos diz que a temperatura corporal, do Afonso, estava muito alta por causa do calor e o corpo trabalha para sempre manter nosso corpo em torno de 36°C, para isso ele produz suor, com o objetivo de baixar a temperatura do corpo e com isso perdemos água e sais minerais.</p> <p>Uma das formas de ter evitado o mal estar, seria o Afonso ter evitado comer a feijoada, e consumido uma refeição mais leve, mas como não ocorreu isso e sim a ingestão da feijoada, o caminho que ele se tomou para sanar aquelas azia, foi tomar o antiácido.</p> <p>O conceito de reação química vai nos ajudar a responder sobre a atuação do antiácido no estomago quando ingerido. Mas antes precisamos registrar que o ácido clorídrico é um ácido forte, mas a concentração que se apresenta no nosso corpo é de tal maneira que não nos seja prejudicial, e levando em conta que a reação química de neutralização é comumente entre um ácido e uma base, mas não é aconselhável a ingestão de um composto básico, então o antiácido, que quimicamente é um sal, em solução aquosa se transforma em uma solução básica efervescente.</p> <p>A reação química do antiácido, diluído em água, com o suco gástrico, vai formar o sal cloreto de sódio, ácido carbônico e água. Observa-se que o ácido carbônico é instável e facilmente se transforma em dióxido de carbono e água, onde o dióxido de carbono sai do nosso estomago através do arrotos. Sendo assim, a reação química que há tornar o antiácido ainda será de neutralização.</p> <p>A ocorrência frequente de azia pode levar a uma gastrite e o não tratamento e mudança na alimentação pode agravar ainda mais.</p> <p>A ingestão de antiácido com frequência também pode ser prejudicial, pois afeta a absorção de nutrientes, minerais e vitaminas advindas dos alimentos ingeridos.</p> <p>A situação pode ser utilizada para o ensino de reações químicas numa aula de investigação, que tenha como objetivos explorar os conceitos básicos de reação de</p>

neutralização ou dupla troca, mas também as diferenças que existem entre ácidos e bases fortes e fracos.

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo os dados expressos no Quadro 19, verificamos que a licencianda LQ17, ao responder a situação problematizadora sobre o contexto de acidez estomacal, apresentou um modelo de contexto, e distintos domínios de contexto e zonas do perfil conceitual de reações químicas. Dessa forma, a respeito do modelo de contexto, verificamos variados elementos que apontam para uma predominância do modelo de **contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2)**, pois, na resposta concedida por LQ17, observamos que há uma maior atenção em discutir o contexto da acidez estomacal e suas aplicações, expondo uma visão mais técnica, a partir de explicações conceituais e não envolvem as implicações tecnológicas, científicas, sociais e culturais. Conforme podemos observar, LQ17, Quadro 19, centralizou sua resposta enfatizando questões sobre o suco gástrico, alusões acerca da temperatura corporal, informações técnicas que envolviam o conceito de reações químicas, e pontuou brevemente, acerca de causas da azia. Assim, notamos que a licencianda explicou a composição do suco gástrico, características do ácido clorídrico, reação química do antiácido, e ressaltou maiormente as inferências conceituais, sem se deter a questões que envolvessem aportes científicos, sociais e tecnológicos.

Nesse sentido, se guiando em Gilbert (2006), a licencianda, estabeleceu uma justaposicionamento do conceito de acidez e a suas aplicações, contribuindo na ratificação do significado do conceito de reações químicas, compreendendo que ele se aplica em questões da acidez estomacal, ajuda na reflexão sobre o ácido presente em nosso estômago, e como uma pessoa com azia pode usar um antiácido, dando relevância a reação química de neutralização. Perante isso, constatamos que a forma de LQ11, explicar suas considerações na resolução, é priorizar a abordagem conceitual, pois acredita que esse modelo de articular conhecimentos pode ajudar na aprendizagem conceitual, pois além de apresentar definições, pode instigar os estudantes a buscarem novas informações, e construir novos conhecimentos, podem aprender novos conceitos e distintas formas de aplicações.

Jong (2008) e Vos (2014), apregoam que explorar o contexto para a aprendizagem conceitual, é uma forma de motivar o estudante a entender novas formas de aprender, e isso, pode contribuir na aquisição conceitual de diferentes conceitos, em que o contexto é o principal item gerador e articulador dos conhecimentos, pois problematiza questões conceituais, e diferentes formas de pensar os conceitos científicos.

Em relação aos domínios de contextos que identificamos, **domínio pessoal (DC1)**, quando LQ17, explicou que uma forma de evitar a azia estomacal provocada pelo consumo da feijoada, trouxe inferências que sugerem uma recomendação para a vida particular de um indivíduo, no tocante ao tomar o antiácido, como forma de tratar sobre ingestão feijoada. Na fala da licenciada, aponta indícios que de recomendação que a ingestão de refeições leves, i. e, mudança de hábito alimentar pode ser uma forma de não sofrer problemas de acidez estomacal.

Nesse sentido, o consumo do antiácido é uma forma de tratamento consciente, para cuidar de problemas recorrentes de azia, mas além disso, os cuidados alimentares, demonstra-se os mais viáveis, de acordo com LQ17, que não trouxe tantos detalhamentos inerentes do DC1. Mesmo assim, a partir destas questões, Bernstein (1999), que não devermos apenas ensinar para destacar a integração dos significados que estão relacionados aos conceitos, mas também compreender as relações funcionais na vida de cada pessoa.

Já o segundo domínio o qual observamos na resposta de LQ17, Quadro 19, foi **domínio social e da sociedade (DC2)**, pois ao explicar sobre a azia no organismo humano, elucidou que a manifestação recorrente, pode gerar sérios problemas de saúde, conforme expresso “a ocorrência frequente de azia pode levar a uma gastrite e o não tratamento e mudança na alimentação pode agravar ainda mais”, assim, o mal hábito alimentar demonstra-se também como um problema a ser discutido socialmente, pois pode fazer parte da realidade de muitas pessoas. E uma outra questão que também emerge da fala de LQ17, é que o consumo de alimentos que possam resultar em azias, pode acarretar em gastrite, ou seja, problemas que atingem diretamente a vida das pessoas. Gonzáles (2004), em seus estudos sobre a contextualização, expressa que as conexões que realizamos acerca dos contextos e os conteúdos, necessitam serem cada vez mais inseridas no processo de ensino e aprendizagem, pois é uma forma de fazer com que os estudantes compreendam que a contextualização por meio a incorporação de diferentes contextos pode contribuir com a formação social dos discentes, pois irão fazer concatenações com questões políticas, econômicas, alinhadas à Ciência.

Por fim, um outro registro que analisamos, foi quando LQ17, citou que “A ingestão de antiácido com frequência também pode ser prejudicial, pois afeta a absorção de nutrientes, minerais e vitaminas advindas dos alimentos ingeridos”, o que assinala que o uso recorrente de medicamentos, podem ser um agravante social, e que faz um alerta, acerca do consumo de medicamentos sem receita médica, que pode gerar mais problemas do que aspectos positivos na saúde das pessoas, assim essa compreensão científica sugere uma aproximação do **contexto como domínio científico tecnológico (DC3)**.

Sobre o fato de consumo de medicamentos, Bernstein (1999) ratifica que ao discutirmos questões que levam a mudanças de atitudes, é necessário que a Ciência possa orientar os estudantes, para que eles deem significados ao conhecimento escolar, e assim possam agir socialmente, tomando decisões que possam melhorar suas vidas.

No tocante aos modos de pensar que identificamos na resolução da primeira situação problematizadora, o primeiro foi **reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades**, pois, LQ17, Quadro 19, explica sobre a reação química no estômago que gera o suco gástrico, conforme citado pela licencianda “causando refluxo e depois a azia”, a azia e o refluxo, demonstrando como evidência que podem acontecer após a ocorrência de uma reação química no estômago. Nesse sentido, o processo acerca do suco gástrico e a evidência da azia, ratificam a zona em discussão, e significam o pensamento e a fala de LQ17 ao ponderar sobre o contexto da acidez estomacal. E ainda nesse trecho observamos uma possível fala híbrida com mais de uma zona, tendo em vista que ao identificar os reagentes do suco gástrico, como dito no trecho “produção de suco gástrico (composto de ácido clorídrico e enzimas digestivas)”, denota um modo de pensar alinhado à zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo**.

Outro registro referente a indícios da **Zona5**, verificamos no trecho de fala de LQ17, ao explicar que “o ácido carbônico é instável e facilmente se transforma em dióxido de carbono e água, onde o dióxido de carbono sai do nosso estômago através do arrotos”, desse modo, a reação química que resulta na geração de gases no estômago envolve um processo em que um ácido, transforma-se em um gás que pode ser expelido pela boca. Destarte, demonstra que a caracterização empírica dos reagentes, é uma forma viável e pertinente de esclarecer reações químicas que estão relacionadas ao contexto em discussão.

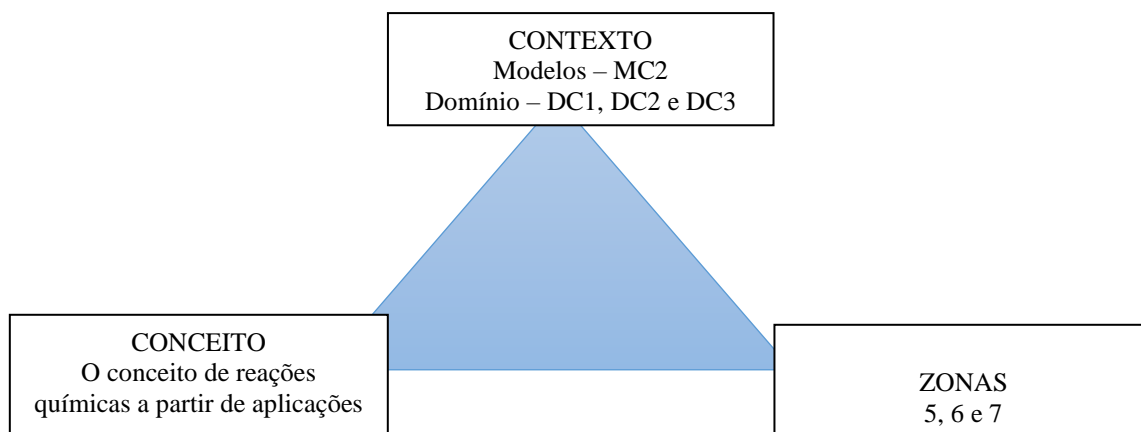
No que diz respeito ao segundo modo de pensar que observamos, que foi **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais**, no entanto, essa identificação assinalamos como um indício, tendo em vista que, LQ17, Quadro 19, ao mencionar que a “ingestão de antiácido com frequência também pode ser prejudicial, pois afeta a absorção de nutrientes, minerais e vitaminas advindas dos alimentos ingeridos”, aponta o indicativo de que o antiácido tanto pode ser benéfico, quanto maléfico, para a vida das pessoas, nesse sentido, torna-se útil a partir do momento que o seu consumo pode gerar uma reação química que pode ajudar no tratamento de uma enfermidade como a azia, mas seu consumo contínuo causa anomalias na absorção de nutrientes. Dessa forma, percebemos na fala da licencianda processos que são úteis para a sociedade, mas ao mesmo tempo riscos, e por isso, alinhamos essa fala a Zona6.

Por fim, acerca da última zona que identificamos, **reações químicas compreendidas como modelo explicativo**, LQ17, Quadro 19, relacionou suas explicações a um modo de pensar racionalista, impregnado pela interpretação científica, a primeira evidência foi a partir da descrição da reação química do antiácido, “reação química do antiácido, diluído em água, com o suco gástrico, vai formar o sal cloreto de sódio, ácido carbônico e água”, a *priori*, como foi uma resposta de relatório, então, essa foi a forma da licencianda suscitar sua compreensão científica da reação de um antiácido no combate a acidez estomacal.

Esse modo de pensar também foi externalizado, quando LQ17, ilustrou um exemplo de trabalhar o conceito de reações química em sala de aula, e disse que a “situação pode ser utilizada para o ensino de reações químicas numa aula de investigação, que tenha como objetivos explorar os conceitos básicos de reação de neutralização ou dupla troca, mas também as diferenças que existem entre ácidos e bases fortes e fracos”, assim, a licenciando, apontou que quando o conceito de reações químicas é trabalho no contexto da acidez estomacal, também tem um valor pragmático abalizado nas formas de classificações do conceito, como neutralização e ou dupla troca. Uma outra questão importante, foi a concatenação com o conceito de ácido e base, demonstrando que o conceito de reações químicas é de grande importância para a educação Química, pois contribui na compreensão de diferentes contextos. Kermen e Méheut (2008), Raviolo, Garritz e Sosa (2011), Caamaño e Marchán (2021), Izquierdo, Merino e Marzábal (2021), expressam que o conceito de reações químicas é imprescindível na Química e para o seu ensino, pois se aplica e se correlaciona com diferentes conteúdos, e isso significa, que ele transpassa suas aplicações e significados.

A seguir, apresentamos uma figura síntese, ilustrando as aproximações entre contexto, conceito e zonas do perfil conceitual de reações químicas na fala da licenciandas LQ17.

Figura 31: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ17 a primeira situação



Conforme podemos verificar, Figura 31, na resolução referente a primeira situação problematizadora, verificamos possíveis aproximações entre o conceito de reações químicas discutido a partir de aplicações, com diferentes domínios e zonas do perfil em tela. Assim, a fala de LQ17 trouxe o modelo de contexto como reciprocidade entre conceitos e aplicações (MC2), na qual houve maior associação ao desconforto estomacal com relações e aplicações do conceito de reações químicas, a partir de inferências técnicas e conceituais. Desse modo, percebemos que houve maior ênfase a explicar os motivos da ocorrência da azia tendo que o suco gástrico contém ácido clorídrico, e que a aplicação de um antiácido poderia conter o afloramento da acidez estomacal.

De tal modo, ratificando algumas dessas questões, LQ17 ao empregar em sua resposta o indicativo de três domínios, na qual a partir do domínio pessoal (DC1), esboçou que é importante que cada sujeito busque se precaver para evitar azia, e por isso deve buscar uma alimentação mais saudável para não correr o risco de ter problemas de acidez estomacal. Outro domínio que evidenciamos, buscou compreender o conceito de reações químicas a partir de um domínio social e da sociedade (DC2), expondo que é a acidez estomacal, quando frequente pode gerar sérios problemas de saúde, e que estes problemas atingem diferentes pessoas, e por conta disso, ratifica que a alimentação saudável é uma forma de evitar azia, ou seja, uma questão de consciência social. Por fim, ilustra um entendimento com prenúncias do contexto como domínio científico tecnológico (DC3), em que a inferência científica de que a ingestão assídua do antiácido, pode resultar em problemas na absorção de nutrientes, minerais e vitaminas no organismo humano, dessa forma, o conceito de reações químicas pode ajudar a explicar esse problema, inclusive alertar que consumo de medicamentos sem receita médica pode resultar em problemas na saúde das pessoas.

E assim, apontamos a prenúncia de três zonas, as quais apresentam compromissos epistemológicos que se aproximam mais das implicações científicas, e por isso, estão alinhadas ao modelo de MC2, e a forma de exposição dos diferentes domínios de contexto que foram expressos. Com isso, ao LQ17 explicar os ingredientes da feijoada, e que o organismo humano requer uma grande produção de suco gástrico para conseguir digerir esse alimento, apresenta uma alusão ao domínio DC2, e emprega uma explicação atrelada a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, já que descreve que o “produção de suco gástrico (composto de ácido clorídrico e enzimas digestivas” e tal informação apresenta uma inferência racionalista ilustrando os reagentes que fazem parte da composição do suco gástrico. E na mesma fala também apresenta indícios da zona **reações químicas compreendidas por**

evidências e mudanças em propriedades (Zona5), em que o refluxo e azia são as principais evidências da reação química ocorrida no estômago para gerar o suco gástrico, no entanto, por conta do consumo de uma comida muito calórica ocorre uma alteração no organismo resultando na acidez estomacal.

Vale ressaltar que a **Zona7**, também emerge na exposição ligada ao domínio DC3, quando a licencianda explica que “a reação química de neutralização é comumente entre um ácido e uma base, mas não é aconselhável a ingestão de um composto básico, então o antiácido, que quimicamente é um sal, em solução aquosa se transforma em uma solução básica efervescente”, na qual há uma valorização e explicação científica para o conceito de reação química que é ratificado pelo modo de pensar da Zona7.

Por fim, outro indício que averiguamos foi ao LQ17 explicar sobre “A ocorrência frequente de azia pode levar a uma gastrite e o não tratamento e mudança na alimentação pode agravar ainda mais. A ingestão de antiácido com frequência também pode ser prejudicial, pois afeta a absorção de nutrientes, minerais e vitaminas advindas dos alimentos ingeridos”, ela se utiliza de elementos ligados ao domínio DC2, e a partir da zona **reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais (Zona6)**, busca expor que a reação química que é resultado da ingestão de um antiácido no estômago tem uma utilidade, mas tanto pode ser benéfica, quando pode trazer problemas para as pessoas.

Em continuação, no Quadro 20, a seguir, ilustramos a resolução da segunda situação problematizadora acerca do contexto de pilhas realizada por LQ17.

Quadro 20: Respostas da licencianda LQ17 a segunda situação problematizadora

RESPOSTAS A SEGUNDA SITUAÇÃO PROBLEMATIZADORA
<p>Os caminhos, para encontrar as soluções para as questões apresentadas e quaisquer outras relacionadas ao assunto da situação problema, são quatro principais: química, ambiental, social e tecnológico.</p> <p>A necessidade de se haver uma evolução das pilhas e baterias, se deu pela evolução dos eletrônicos que necessitam delas, se busca uma pilha ou bateria mais fina, que tenham uma duração maior, que sejam recarregáveis ou que aguentem mais recargas, as variedades também cresceu muito, acompanhou a necessidade da tecnologia que ia surgindo.</p> <p>Uma pilha é um dispositivo composto por dois eletrodos e um eletrólito, que reagem espontaneamente numa reação de oxirredução, é esta reação que libera/gera energia e é aproveitada pelos dispositivos. Basicamente tem dois recipientes onde tem uma placa de zinco (eletrodo negativo) e outra de cobre (eletrodo positivo), mergulhados em soluções de sulfato de zinco e cobre respectivamente, onde o zinco com tendências a perder elétrons para o cobre se oxida e o zinco se reduz. o que liga os recipientes é uma ponte salina. a visualização da passagem dos elétrons se observa quando ligamos um sistema ligado a uma lâmpada e as placas.</p> <p>A pilha que usamos nos eletrônicos e compramos nos supermercados é um pouco diferente, mas tem o mesmo princípio, são formadas por camadas dentro de um tubo de aço</p>

isolado, de uma placa de zinco como polo negativo, uma pasta úmida misturada com carvão e dióxido de manganês, e como positivo uma barra de grafita.

Depois de usada a pilha comum, não é possível de reutilizar ela, no caso recarregá-la, então ela teria que ser descartada. Os componentes químicos a da pilha totalmente utilizada apenas acumulam em seu interior gás hidrogênio, que é inflamável, normalmente o invólucro ao redor dela protege a pilha para que essa explosão não aconteça, ela só acontece pelas más condições de armazenamento e descarte. o calor, rompimento do invólucro externo, impactos que rompam o tubo de aço, pode influenciar para a pilha explodir e consequentemente os compostos químicos muitos tóxicos, contaminam o solo e lençóis freáticos.

Analisando o descarte das pilhas, é inevitável não entrarmos no âmbito social e ambiental, e para apontar resoluções, precisamos deixar claro o que o descarte inadequado feito pelos usuários das pilhas é inadequado, mesmo após campanha em mídias visuais, em escolas e outros meios.

Uma solução para o problema desse descarte inadequado seria um campanha um pouco mais agressiva do que causa esses compostos das pilhas, quando contamina o solo e a água, no corpo humanos, atingindo os órgãos como rins, fígado, pulmões e atinge também o sistema nervoso central do corpo humano.

A utilização dessa situação problema dentro de uma aula de química com o assunto de reações químicas, mas se pode fazer uma discussão na área de química ambiental, discernindo os problemas causados e buscando extrair dos alunos outras soluções além das apresentadas sobre o assunto, um exemplo de solução, além das campanhas um pouco mais agressivas sobre os problemas causados e descarte adequado, seria o registro das pessoas que compraram pilhas e o não desenvolvimento delas ao estabelecimento depois do uso e toda a infraestrutura que isso necessitaria.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com os dados apresentado no Quadro 20, conseguimos averiguar a predominância de um modelo de contexto, como também de domínios de contextos e modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas. Primeiramente, em referência a modelo de contexto, observamos a predominância do **Contexto como circunstância social (MC3)**, pois, LQ17, ao discutir o contexto de pilhas, ela apresentou inferências relacionadas a sociedade, reflexões importantes para vida das pessoas, em uma ótica social e ambiental, como também com algumas aproximações tecnológicas, sociais e científicas. Isso posto, percebemos que em determinados trechos LQ17 enalteceu a necessidade da tecnologia para a sociedade, e isso permitiu o desenvolvimento de pilhas, bem como o aprimoramento delas por meio da Ciência, trazendo assim, contribuições científicas, sociais e tecnológicas.

LQ17 também expôs, questões ambientais, como contaminação do solo e de lençóis freáticos, em decorrência do descarte errado de compostos químicos tóxicos, e isso, pode resultar tanto em problema no meio ambiente, quando na vida das pessoas, e por isso, explicitou a importância do descarte adequado e das relações com a Química ambiental.

Diante dessas desses pontos expressos pela licencianda, percebemos mais uma vez a importância da Ciência para ajudar na vida das pessoas, e contribuir para com mudanças de

atitudes e formação de uma consciência social. Por isso, Fernandes, Marques e Delizoicov (2016), admitem a necessidade da articulação entre a Ciência com a realidade dos estudantes, pois assim, é possível pensar sobre os problemas da sociedade, e indaga-los e propor soluções mediados pelos conhecimentos científicos.

Para Freire (1977), precisamos educar os nossos estudantes, para que eles reflitam sobre sua realidade, que contextualizem seus conhecimentos, e desse modo estabeleçam uma dialogicidade entre o a contextualização e a problematização, como forma de construir possibilidades de transformação. E essa transformação, para nós, envolve a conscientização de professores e estudantes, para que assim, eles, juntos, criem caminhos para compreender a importância da Ciência, para o desenvolvimento social, político e cultural.

No que tange ao primeiro domínio de contexto, **domínio pessoal (DC1)**, categoricamente, LQ17, Quadro 20, ao aclarar a necessidade de uma conscientização individual, para que o descarte de pilhas ocorra de fato na realidade de todos, e que isso evitara contaminação de solos e de águas, e não implicar em problemas “no corpo humano, atingindo os órgãos como rins, fígado, pulmões e atinge também o sistema nervoso central”. Logo, conforme ilustrado por LQ17, percebemos o quanto contexto pode suscitar em reflexões para a vida das pessoas, nesse sentido, o alerta para que cada indivíduo de conscientize e não faça o descarte incorreto, seria a melhor maneira de evitar problema que podem atingir a vida particular de muitas pessoas.

Para Bernstein (1999) e Wharta e Alário (2005), a inserção de problemas concretos mediados pela contextualização, é uma forma fazer com que os estudantes incorporem valores que zelem por suas vidas e pelo bem comum, e tenham um olhar mais crítico acerca dos diferentes problemas que fazem parte da realidade das pessoas. Nesse sentido, a contextualização problematizando questões da realidade social pode ajudar na construção de significados, ao conectar valores, consciência social e a importância da Ciência e dos conhecimentos científicos.

Já referente ao segundo, **domínio social e da sociedade (DC2)**, constatamos diferentes menções na resposta de LQ17, Quadro 20, e assim, ponderaremos acerca de algumas delas, inicialmente destacamos o trecho “rompimento do invólucro externo, impactos que rompem o tubo de aço, pode influenciar para a pilha explodir e conseqüentemente os compostos químicos muitos tóxicos, contaminam o solo e lençóis freáticos”, em que a licencianda, ao explicar sobre o vazamento de uma pilha, destaca que o acúmulo de compostos químicos tóxicos provenientes da pilha, pode gerar problemas catastróficos a sociedade, pois pode contaminar o solo e lençóis

freáticos, e conseqüentemente todo o ecossistema a sua volta e as pessoas que dependem desses espaços e fontes de sobrevivência.

Em outro trecho, ainda concernente ao **DC2**, LQ17, expressou que “Analisando o descarte das pilhas, é inevitável não entrarmos no âmbito social e ambiental, e para apontar resoluções, precisamos deixar claro o que o descarte inadequado”, nesse sentido, há o reconhecimento que o contexto de pilha é inseparável do debate social e ambiental, tendo em vista que, pois ele além de trazer questões imbricadas a Química, prepara os indivíduos para suas funções sociais e de responsabilidade social, pois como cita LQ17, o descarte é um debate que contribui para a formação cidadã, e por isso, deve problematizar questões que possam ser exploradas dentro e fora do âmbito escolar.

Diante disso, percebemos que o uso da contextualização como prática de ensino, e da incorporação de contexto no ensino de conceitos podem trazer significados gigantescos na formação de professores e estudantes, pois ajudam a refletir sobre questões sociais, ambientais, políticas, e etc., sobre os conceitos científicos, primando a formação cidadã em que o conhecimento deve ser expresso pragmaticamente como um ato político, cultural e científico.

Em relação ao terceiro domínio, **domínio científico tecnológico (DC3)**, LQ17, enfatizou a importância da tecnologia e consonância com o conhecimento científico, como forma de promover o desenvolvimento social. Logo, a licenciada destacou que “A necessidade de se haver uma evolução das pilhas e baterias, se deu pela evolução dos eletrônicos que necessitam delas, se busca uma pilha ou bateria mais fina, que tenham uma duração maior, que sejam recarregáveis ou que agüentem mais recargas, as variedades também cresceu muito, acompanhou a necessidade da tecnologia que ia surgindo”, assim, uma primeira questão que observamos que o processo de evolução de pilhas e baterias, ocorreu em detrimento do crescimento da pesquisa científica e tecnológicas, para que houvesse o aprimoramento dessa objeto tão necessário a vida das pessoas.

Uma outra questão é sobre a produção de energia, que concomitantemente está relacionado a duração, e as variedades, que podem ser discutidas no âmbito de ensino, como forma de promover a alfabetização científica. Com isso, Jong (2008), afirma que é primordial fazer com que os estudantes reflitam sobre os conceitos científicos, e suas aplicações a diferentes problemas da sociedade, pois além de contribuir para a formação para a cidadania, os alfabetiza cientificamente, pois eles passam a encontrar sentidos para os conteúdos ensinados na escola, a partir de implicações científicos, sociais e tecnológicas.

O documento da BNCC também ratifica esse pensamento, pois a partir do alfabetizar cientificamente, é possível desenvolver a capacidade de fazer com que os estudantes

compreendam e interpretem o mundo, em uma ótica natural, social e tecnológica, mas que também se tornem agentes de transformação baseando seus conhecimentos teóricos e processuais abalizados pela Ciência (BRASIL, 2018).

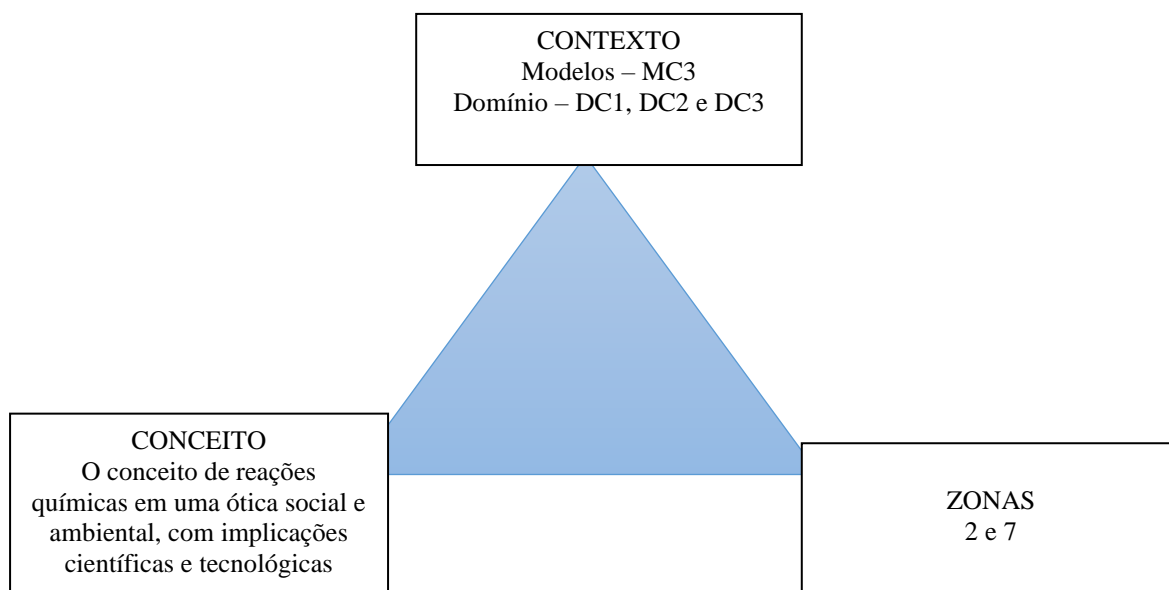
Em consideração aos modos de pensar, de acordo com a resposta de LQ17, Quadro 20, no primeiro exemplo, verificamos que se trata uma fala híbrida, com duas zonas, a saber: “Basicamente tem dois recipientes onde tem uma placa de zinco (eletrodo negativo) e outra de cobre (eletrodo positivo), mergulhados em soluções de sulfato de zinco e cobre respectivamente, onde o *zinco com tendências a perder elétrons para o cobre se oxida e o zinco se reduz*”, na primeira parte, não destacado, percebemos indícios da zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, pois, apresenta alguns indicativos de um pensamento racionalista, enfatizando os reagentes presentes, o que aponta um valor pragmático sobre o processo.

Já para o segundo modo de pensar na fala citada por LQ17, Quadro 20, diz respeito ao modo de pensar **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, em que o zinco é compreendido como uma substância presente em uma pilha que tem a tendência de perder elétrons, como um fato inerente a substância, como também é algo natural o cobre oxidar e zinco se reduzir, sem levar em consideração os fatores internos e externos a reação química. Perante isso, o valor pragmático nesta parte da fala está guiado por uma crença, que faz parte da licencianda em compreender que determinadas reações químicas acontecem em detrimento de uma lei natural.

Em outra fala de LQ17, Quadro 20, observamos a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**, já que, ao definir uma pilha expressou que se trata de um “dispositivo composto por dois eletrodos e um eletrólito, que reagem espontaneamente numa reação de oxirredução, é esta reação que libera/gera energia e é aproveitada pelos dispositivos”, desse modo, verificamos que, tanto LQ17 explica uma pilha compreendendo o conceito de reação química a partir de uma forma de classificação, ao fazer menção a oxirredução, quanto a partir de processos energéticos. Logo, evoca uma compressão pragmática guiada pelo pensamento científico, e que lhe ajuda a definir uma pilha, quando esse contexto está sendo problematizado.

Assim, seguindo com a nossa análise, mais a frente ilustramos a uma figura síntese, expondo possíveis aproximações entre contexto, conceito e zonas do perfil conceitual de reações químicas na fala da licencianda LQ17 a segunda situação problematizadora.

Figura 32: Aproximações contexto, conceito e zonas – Resposta de LQ17 a segunda situação



Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Figura 32, podemos observar que a fala de LQ17 se ancorou no modelo de contexto como circunstância social (MC3), em que ao expressar sobre as pilhas se dedicou as questões sociais, e também relacionadas a inferências ambientais. De tal modo, verificamos ponderações imprescindíveis a vida das pessoas, as quais relacionam o conceito de reações químicas a algumas aproximações tecnológicas, sociais e científicas, uma vez que explicita que existe um fator tecnológico ligado a produção de pilhas, que possibilitou com que elas fossem melhoradas mediante o crescimento científico, ao longo dos anos, para atender as próprias demandas da sociedade.

Com isso, emprega diferentes domínios para expor suas questões sobre o contexto em tela, assim, apresenta indicativo do domínio pessoal (DC1), ao explicar que cada pessoa deve praticar o descarte consciente, pois quando realizado de forma equivocada resulta em contaminações no meio ambiente e provocando diferentes tipos de doenças as pessoas. E ainda expõe algumas ideias alinhadas ao domínio social e da sociedade (DC2), em que aclara que o descarte também é uma responsabilidade coletiva e social, pois as pilhas contêm substâncias tóxicas que podem contaminar solo e rios. Desse modo, o contexto de pilha é intrínseco a questões social e ambiental, pois apresenta implicações que são essenciais para constituição de um cidadão consciente e crítico.

Outro domínio disposto na fala de LQ17, trouxe também aproximações do contexto em tela com um olhar científico tecnológico (DC3), uma vez que, a Ciência e a Tecnologia se

utilizam do conhecimento científico, e por isso, as pilhas e baterias conseguiram se aprimoradas a partir desses dois pilares, e por isso, deve ser utilizado como forma disseminar informações que tanto levem a uma consciência social, bem como uma alfabetização científica, na qual a produção de energia de uma pilha seja explicada naturalmente por cada pessoa como forma de manifestar o entendimento sobre os diferentes processos químicos que nelas ocorrem.

Assim sendo, quando verificamos a emergência de modos de pensar e formas de falar, logo, ao LQ17 explicitar o domínio DC3, quando explica o que seria uma pilha, elucida que nela ocorre uma “reação de oxirredução, é esta reação que libera/gera energia e é aproveitada pelos dispositivos”, e tal fato ilustra uma explicação ligada a valor pragmático racionalista que está relacionado a zona **reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7)**. E mais adiante, emprega um termo que é recorrente na linguagem da Química, quando explica que em uma reação química “o zinco com tendências a perder elétrons para o cobre se oxida e o zinco se reduz”, expressando ainda no referido domínio um indício do modo de pensar ligado a zona **reações químicas como processo natural ou intrínseco dos materiais (Zona2)**, ao destacar que a perda de elétrons do zinco é um processo intrínseco do próprio metal, e que isso resulta na redução dele.

Assim, a partir das respostas concedidas pela licencianda LQ17, averiguamos que ela apresentou diferentes domínios de contextos, denotando que o contexto tanto pode ser explorado a partir da centralização de questões conceituais e aplicações, bem como de problemas sociais que podem explorar inferenciais científicas, tecnológicas e sociais. Além disso, os modelos de contexto, reúnem diferentes domínios de contexto, que contribuem diretamente na construção de significados, a partir de sua articulação com os aspectos conceituais, conforme ilustrado em nossa análise.

Portanto, também por meio das situações problematizadoras, sendo a primeira voltada para o contexto de acidez estomacal e a segunda para o contexto da pilha, conferimos a manifestação de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas, o que nos confirma, a contribuição do uso desses tipos de situações, pois se pode verificar que o conceito de reações química foi explorado a partir de perspectivas sociais, científicas e tecnológicas, indo além dos aspectos conceituais, e mostrando assim, a importância do conceito em tela para a vida das pessoas, e a formação para a cidadania.

Em linhas gerais, a partir de nossa análise acerca das situações problematizadoras, constatamos sua potencialidade em problematizar e incentivar a contextualização como uma prática reflexiva. Em consideração a problematização, os nossos sujeitos conseguiram trazer diferentes questões inerentes as suas realidades, como problemas de saúde provocados por

acidez no estômago, e que a falta de cuidado ou consumo excessivo de medicamentos podem resultar em mais agravamentos, e assim, colocou-se em discussão a consciência sobre a educação alimentar, uso responsável de medicamentos, respeitando as questões sociais e culturais de cada realidade.

Além disso, problemas sobre o descarte consciente para evitar contaminação de solos e lençóis freáticos, pois as substâncias tóxicas contidas em uma pilha podem trazer agravamentos sociais e ambientais, e por isso, é extremamente necessário o engajamento da população acerca dos problemas que fazem parte de seu dia a dia, bem como destacam que a necessidade das indústrias investirem em estudos científicos e tecnológicos, para que dessa forma, minimizem os impactos a sociedade, e ao mesmo tempo incentivem o desenvolvimento econômico sustentável.

Conforme defende Freire (1977), o ato de problematizar é o primeiro passo para encontrar sentidos acerca do que aprendemos, é refletir sobre a nossa realidade e significar as nossas experiências, sejam elas advindas do nosso cotidiano ou das experiências científicas, mas que tudo isso seja atrelado a uma dimensão dialógica, como forma de compreender as problemáticas que nos cercam e as diferentes formas de investigá-las, e assim, contribuam com a formação do sujeito social.

E o viés da contextualização como prática reflexiva, ocorre a partir do momento que os sujeitos passaram a pensar sobre os diferentes contextos, que envolvem questões de consumo, valores e práticas culturais, assuntos sobre saúde, meio ambiente, desvalorização econômica, falta de investimentos e incentivos políticos, e de consciência social, dentre outros, conforme foram expressos nas resoluções das situações problematizadoras. E dessa forma, os conhecimentos científicos passam a ser reconhecimentos como forma de interpretar e propor soluções sobre essas questões, e assim, promover uma consciência individual e coletiva, buscando a partir da prática da Ciência e suas múltiplas aplicações melhorias efetivas na vida de todas as pessoas.

Outro ponto que percebemos como bastante válido é que os modelos de contextos e os domínios de contextos, podem ajudar de forma grandiosa na compreensão do contexto como prática epistêmica, já que por meio dos modelos de contextos podemos relacionar os conceitos e diferentes aplicações, como também a questões importante para a vida das pessoas, pois elas passam a reverberar sobre os conceitos e os contextos a partir de implicações científicas, tecnológicas, sociais e culturais.

Nesse sentido, a prática epistêmica se desenvolve a partir do momento que os sujeitos passam a indagar acerca dos conhecimentos científicos eles precisam para fazer conexões entre

a Química e suas vidas pessoais, a partir do dia a dia de cada indivíduo e de suas experiências. Além do mais essa prática possibilita fazer com que as pessoas reflitam que seus conhecimentos contribuem para suas funções sociais, e assim, passem a perceber o seu papel na sociedade, e que para atuar de forma consciente, cada indivíduo precisa buscar explicar o mundo compreendendo questões científicas, tecnológicas, sociais e culturais em uma ótica plural e humanística.

Para Bernstein (1998), a prática epistêmica é uma forma de construir a conscientização dos indivíduos, e assim, fazer com que passem a tratar os conhecimentos de forma crítica e reflexiva, entendendo que em sociedade existem relações de poder, e por isso acreditamos ser necessário pensar em questões pessoais e sociais, como forma de ajudar cada pessoa a buscar por meio do conhecimento científico melhorias de vida. E dessa maneira questões como tabagismo, alcoolismo, drogas, dentre outros, poderão ser refletidos em diferentes perspectivas que envolvem a sociedade, conforme averiguamos nas resoluções de nossos sujeitos.

Bernstein (1998) também advoga que não podemos simplesmente defender a busca pela assimilação conceitual, mas sim a construção de significados, alinhado na meditação crítica, arrazoando acerca da contribuição da Ciência para o desenvolvimento social. Por isso, confiamos na reflexão dos conhecimentos que precisamos para agirmos ativamente em sociedade, pois estes podem subsidiar na forma que aprendemos, interpretamos e explicamos o mundo a nossa volta, em uma ótica social, científica, tecnológica e cultural.

Verificamos também que a identificação de modelos de contextos e domínios de contextos, ratificam a potencialidade das situações problematizadoras, comprovando que por meio delas podemos abordar diferentes contextos, e por intermédio deles é possível suscitar a construção de significados, integrada a questões diversas das pessoas e da sociedade, e atreladas a questões sociais, científicas e tecnológicas. Assim, essa construção de significados pode ser percebida na ótica da teoria dos perfis conceituais, tendo em vista que os conceitos científicos podem ser manifestados a partir de diferentes sentidos e significados.

Dessa forma, a partir de nossas análises, verificamos variados elementos como indicativos da potencialidade do uso de situações problematizadoras construídas a partir de diferentes contextos como ferramenta viável para provocar a emergência de diferentes modos de pensar e formas de falar os conceitos científicos. Pois, a partir de nossas observações, aos sujeitos tecerem suas considerações ao resolver cada situação, em diferentes momentos empregaram diferentes zonas, como forma de significar suas respostas relacionando a diferentes contextos. É válido também destacarmos que as zonas, quando despontadas estão intimamente impregnados das experiências de cada indivíduo, o que nos ajuda a perceber a

importância da conectar a teoria dos perfis conceituais ao uso de situações problematizadoras, pois todas os modos de pensar e formas de falar dos sujeitos são valorizados e reconhecidos as suas coexistências, sejam impressões pessoais, experiências do cotidiano ou manifestações guiadas por questões empíricas, científicas e tecnológicas.

Conforme apontam Mortimer e El-Hani (2014), a teoria dos perfis conceituais enaltece a coexistência de concepções diferentes, e que elas convivem no discurso dos indivíduos, e ajudam na compreensão das afinidades entre significados científicos e cotidianos. Logo, para os autores, o estabelecimento dessas relações admite perceber que as concepções não-científicas e científicas são importantes, pois fazem parte da construção sócio-histórica das pessoas, e que podem ser empregadas em diferentes contextos.

Portanto, o uso de situações problematizadoras atreladas a teoria dos perfis conceituais podem ajudar na construção de significados de professores e estudantes, bem como na formação cidadã deles, já que podem possibilitar a reflexão sobre os aspectos científicos, como também da problematização deles considerando as implicações sociais, políticas, científicas, tecnológicas e culturais.

Considerações finais

Neste trabalho, buscamos responder como distintos modos de pensar as reações químicas que emergem em diferentes contextos podem ser organizados em termos de um perfil conceitual? E para tanto, apresentamos uma proposta de perfil conceitual de reações químicas, guiados pela teoria dos perfis conceituais, considerando fontes secundárias da História da Ciência, estudos filosóficos sobre o conceito de reações químicas, trabalhos de levantamentos de concepções informais, livros didáticos da educação superior e dados alcançado por meio de Sequência Didática e aplicação de questionários, como subsídios para a construção de zonas para o conceito em tela.

Para atendermos ao nosso primeiro objetivo específico em que analisarmos compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos relacionado ao conceito de reações químicas, primeiramente realizamos um estudo criterioso em fontes secundárias acerca da Histórica da Química/Ciências, não buscando realizar um estudo historiográfico ou exaurir todas as fontes possíveis, mas buscando traçar algumas possibilidades sobre a gênese do conceito de reações químicas. De tal modo, organizamos em cinco períodos históricos, quais sejam: Das transformações da matéria as reações químicas: origens de um conceito, logo, o conceito em tela foi apresentado a partir da concepção de transformações conectadas a poderes sobrenaturais, divindades e alegorias, bem como a transformações da matéria alinhada a diferentes questões da filosofia aristotélica; Transformações da matéria no período da alquimia, em que as transformações da matérias passaram a ser entendidas como algo que poderia ser observado e manipulado, assim, uma visão experimental a partir das transmutações, e além disso, atribuía-se as transformações características humanas; O conceito de reações químicas entre os séculos XVI e XVII, no séc. XVI, as transformações ainda eram relacionadas a transmutação, reação de cementação, entre outras, explicadas a partir de questões sensoriais, e no séc. XVII utilizava-se o conceito de transformações químicas, e sistematização de ciclos de reações; O conceito de reações químicas a partir do século XVIII, houve estudos das características, propriedades das espécies químicas e ocorrência das transformações químicas para a geração de produtos, e no detalhamento das mudanças externas; e O conceito de reações químicas do final do século XVIII ao século XX, assim, destacamos que no final do séc. XVIII, houve a definição de reagentes e a consolidação do termo reação, e a partir do séc. XIX, efetivou-se o emprego do termo reação química pela comunidade científica, e séc. XX, o conceito de reação química foi incorporado como base em estudos da Química Analítica,

Físico-Química, Química Orgânica e Inorgânica. Ressaltamos que esses dados foram imprescindíveis para traçamos as ideias na ótica do domínio genético sociocultural, para delinear o perfil conceitual do conceito de reações químicas.

Nos estudos filosóficos observamos diferentes perspectivas epistemológicas, as quais ajudaram a refletir sobre os diferentes desdobramentos que envolveram o conceito de reações químicas, discutindo implicações a partir do fogo, transformações dos elementos fundamentais, a observação e indução nas interpretações experimentais, transmutação dos materiais, as virtudes das partículas de uma transformação química, ideias de reações químicas como mudança, combinação, interação e rearranjo de átomos, reações químicas a partir de relações matemáticas aplicadas, representações e com implicações sociais, como forma para compreendermos algumas questões pontuais da gênese das ideias que entrelaçam o conceito em estudo.

Concernente aos estudos da literatura sobre as concepções informais e livros didáticos voltados para a educação superior, observamos que o conceito de reações químicas é expresso por estudantes de diferentes modalidades de ensino a partir de diferentes perspectivas, a saber: qualquer mudança; atrelada a fenômenos reversíveis e irreversíveis; mudança de matéria por tendência natural; como uma transmutação; mudança substancialista; mudança - transformação observável; destruição, mudança de estado, desaparecimento ou deslocamento de substâncias; transformação química como algo natural; equações e representações; a partir de seu valor pragmático; a partir de características animistas; como técnica, processos ou trabalhos práticos; interações ou combinações entre substâncias; rearranjo de átomos/partículas; atração de substâncias; processo que envolve quantidade de calor ou energia. Destacamos que os dados dessa fase da pesquisa contribuíram nas reflexões acerca dos domínios ontogenéticos microgenético para a proposição do perfil conceitual de reações químicas.

Para contemplarmos o segundo objetivo específico, realizamos uma análise profunda e detalhada considerando o jogo dialético entre os dados que emergiram das fontes históricas secundárias, dos estudos filosóficos, de concepções informais, livros didáticos da educação superior e assim, propomos uma matriz semântica com dezesseis temas, a saber: Transformações relacionadas com a modificação dos materiais; Transformações como ocorrência natural ou espontânea; Transformações relacionadas a forças místicas ou espirituais; Reação química a partir de características animistas; Reação química compreendida de forma generalista; Transformação química como afinidade e atração de substâncias; Reação química como forma de classificação; Reação química a partir de representações; Reação química como algo sensorial; Reação química a partir de evidências; Reação química a partir da racionalização

de seus parâmetros; Reação química como algo pragmático; Reação química relacionada a combinações; Reação química relacionada às interações entre substâncias; Reação química associada a reorganização de átomos ou elementos; Reação química a partir de trocas energéticas. Esses temas foram cruciais para propormos as zonas do perfil conceitual do conceito em tela, e foram construídos a partir de um conjunto de categorias as quais estavam relacionadas a variados compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos.

No que diz respeito ao o terceiro objetivo específico, propomos sete zonas para o perfil conceitual de reações químicas, conforme elencadas: transformações químicas associada indiscriminadamente a qualquer mudança; reações químicas como algo vivificado; reações químicas como um processo natural ou intrínseco dos materiais; reações químicas compreendidas a partir de sensações e afetividades; reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades; reações químicas compreendidas a partir de aplicações científicas e sociais; e reações compreendidas como modelo explicativo. As referidas zonas, foram construídas com base nos diferentes temas da matriz semântica, e a nomenclatura de cada zona foi delimitada considerando o valor pragmático de cada a partir de seus diferentes contextos de aplicação, bem como fundamentadas nos principais compromissos que subsidiam a filosofia de cada modo de pensar e forma de falar o conceito de reações químicas.

Para atendermos o quarto objetivo específico desta tese, no tocante a validação por meio do levantamento de concepções com estudantes do 2º ano e 3º ano do Ensino Médio do Ensino Médio de uma escola da rede privada do Recife, constatamos que todos os sete modos de pensar e formas de falar o conceito de reações químicas emergiram na fala dos referidos estudantes. É importante destacar que cada zona emergiu na fala de diferentes estudantes, e o seu valor pragmático pode ser verificado em todas elas, demonstrando assim, a potencialidade do perfil conceitual proposto, a partir de suas respectivas zonas.

Ainda em relação ao quarto objetivo, validamos as zonas do perfil conceitual de reações química também na fala de licenciandos em Química, por meio da aplicação de uma Sequência Didática, aplicada na modalidade de ensino remoto no ano de 2020. Assim, acerca dos dados referentes a identificação de concepções sobre o conceito de reações químicas na fala dos licenciandos observamos a emergência das setes zonas do perfil conceitual de reações químicas na fala dos professores em formação. Ressaltamos que, as zonas, reações químicas compreendidas por evidências e mudanças em propriedades (Zona5) e reações químicas compreendidas como modelo explicativo (Zona7), foram as mais expressivas nas respostas dos licenciandos, o que significa que a prática formativa influência na epistemologia dos docentes

em formação, considerando que são estudante de um curso de Química, que foca em conceitos químicos e atividades experimentais.

E sobre os dados obtidos a partir das falas que os licenciandos explicavam como compreendiam o conceito de reações químicas a partir do contexto histórico e dos diferentes contextos do cotidiano que relacionam o conceito de reações químicas. Desse modo, conferimos a existência de uma estreita relação entre o contexto, conceito e zonas que emergem na fala, e por isso, percebemos que uso de contextos pode promover uma prática epistêmica, na qual poderá instigar o estudante a refletir acerca dos conhecimentos necessários para explicar os diferentes modos de pensar e formas de falar que o conceito de reações químicas apresenta.

E considerando o nosso quinto objetivo específico, conseguimos observar indícios de variadas aproximações entre as zonas do perfil conceitual de reações químicas e os diferentes modelos e domínios de contextos a partir de situações problematizadoras, com isso, conseguimos identificar diferentes zonas do perfil conceitual de reações químicas mobilizadas para responder as duas situações problematizadoras envolvendo os contextos de acidez estomacal e de pilhas. Assim, averiguamos diferentes indicativos acerca da potencialidade do uso de situações problematizadoras como forma de provocar a emergência de diferentes modos de pensar e formas de falar os conceitos científicos, e também identificamos aproximações entre os modelos de contextos e domínios de contextos, com o conceito e zonas dos perfil conceitual de reações químicas, e que compreender essa tríade traz ótimas contribuições para entendermos a construção de diferentes significados, e que eles se edificam atrelados a questões diversas, seja ligado a vida das pessoas e ou da sociedade, com implicações a inferências sociais, científicas e tecnológicas.

Acreditamos que a proposição de um perfil conceitual para o conceito de reações químicas pode contribuir com os estudos acerca dos perfis conceituais, como também ajudar professores e estudantes, pois pode ser utilizado no processo de ensino e aprendizagem, aplicando-se ao conteúdo de reações químicas, como também as relações com diferentes conceitos, tendo em vista potencialidade e abrangência de aplicações do conceito em discussão.

Assim, compreendemos também que perfil conceitual pode ser trabalhado em sala de aula a partir do uso de situações problematizadoras, conectado aos modelos e domínios de contextos objetivando a construção de significados sobre o conceito de reações químicas, outras propostas podem ser viabilizadas, baseados nos modos de pensar do perfil em tela, por meio de sequência didáticos, elaboração de materiais didáticos e estruturação de experimentos, conforme foi realizado por Silva (2008).

A partir da proposição do perfil conceitual de reações químicas considerando os diferentes contextos, acreditamos que o perfil proposto também tem a potencialidade de ser trabalho com sujeitos fora do âmbito escolar, como em comunidades de prática, de laboratoristas, farmacêuticos, fábricas de produtos de limpeza, técnicos químicos responsáveis de indústria alimentícia, engenho de produção de rapadura ou de cachaça, dentre outros, que podem explorar as diferentes zonas e os respectivos contextos de aplicação, logo, essas possibilidades se configuram como possibilidades o desenvolvimento de pesquisas futuras utilizando o perfil conceitual aqui proposto.

Pretendemos também, como perspectivas futuras, promover processos formativos de professores e professoras, no âmbito da formação inicial e continuada, utilizando o perfil proposto proposto, como forma de contribuir com a formação epistemológica dos professores, bem como ampliar as possibilidades da teoria dos perfis conceituais ser introduzida a cada dia no chão da escola, colaborando de tal modo no processo de ensino e aprendizagem e na construção de significados.

Assim sendo, acreditamos que a teoria dos perfis conceituais é muito valiosa para o ensino de Química/Ciências, pois pode ajudar professores e estudantes a compreender a diversidade de sentidos e significados dos conceitos científicos, valorizar ainda mais as interações discursivas como caminhos para construção de significados, enfatizar o uso de contexto com prática epistêmica, conforme defendido nesta tese, e também um forte subsídio na formação epistemológica de docentes acerca dos conceito científicos, valorizando a heterogeneidade de pensamento e fala como construtos que subsidiam a linguagem química.

REFERÊNCIAS

AHTEE, M.; VARJOLA, I. Students' understanding of chemical reaction. **International Journal of Science Education**, 20:3, 305-316, 1998.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2000. 203p.

AMARAL, E. M. R. **Visões e concepções sobre a transformação da matéria**: uma trajetória histórica para a proposição dos conceitos de entropia e espontaneidade de processos. IN: SIMÕES NETO, J. E. **Histórias da Química**, Curitiba, Appris, 2017.

AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada as transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de Química do Ensino Médio**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2004.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3 p. 1-16. 2001.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. **Educación Química**, n. 3, p. 60-75, 2004.

ANDERSSON, B. The experiential gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science. **European Journal of Science Education**, v.8, p.155–171, 1986.

ANDERSSON, B. Pupil's conceptions of matter and its transformations. **Studies in Science Education**, n. 18, p. 53-85, 1990.

ARAÚJO, A. O. **O perfil conceitual de calor e sua utilização por comunidades situadas**. Belo Horizonte. 223 p. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

ARIASSECQ, I.; I. M. GRECA, A A Teaching–Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized. **Science & Education**, 2012.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5 ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2012. 968p.

AZEREDO, S. Expressões anunciadoras de paráfrase em manuais acadêmicos de química: um estudo baseado em corpus. Dissertação de mestrado. 222 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

AZEREDO, S. Transformação ou Reação Química? Variação terminológica em corpus de manuais didáticos e textos acadêmicos. Caderno de resumos, São Carlos: UFSCar, 2005.

BACHELARD, G. **A Filosofia do Não**. In: **Os pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BAKHTIN, M. M. **Speech genres and other late essays**. Austin, TX: University of Texas Press, 1986.

BAKHTIN, M. M. The dialogic imagination: Four essays by M. M. Bakhtin (M. Holquist, Ed., C. Emerson and M. Holquist, Trans.). Austin, TX: University of Texas Press, 1981.

BALTIERI, R. S.; BEGO, A. M.; CEBIM, M. A. Why the covalent bond is such a complex concept: a conceptual profile proposal, **International Journal of Science Education**, 2021.

BARBOZA, R. J. O. Energia: um jogo pedagógico para abordagem do conceito de energia a partir da teoria dos perfis conceituais. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020.

BENNETT, J., LUBBEN, F., HOGARTH, S. Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. **Science Education**, v. 91, p. 347-370, 2007.

BENSAUDE-VICENTE, B. B.; STEGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Editora Piaget, 1992.

BERNARDELLI, M. S. **A interdisciplinaridade educativa na contextualização do conceito de transformação química em um curso de ciências biológicas**. 2014. 218 fls. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2014.

BERNSTEIN, B. Vertical and horizontal discourse: an essay. **British Journal of Education**, v. 20, n. 2, p. 157-173, 1999.

BERNSTEIN, B. **A estrutura do discurso pedagógico: Classe, código e controle**. Petrópolis: Editora Vozes, 1996.

BERNSTEIN, B. **Pedagogía, control simbólico e identidade**. Madrid: Morata, 1998.

BOLZAN, J. E. Chemical Combination According to Aristotle, **Ambix**, v. 23, n. 3, p. 134-144, 1976.

BOO, H. K. Consistency and Inconsistency in A Level Students' Understandings of a Number of Chemical Reactions. **Research in Science & Technological Education**, V.. 14, N. 1, 1996.

BOO, H. K. Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 5, p. 569- 581, 1998.

BOO, H. K.; J. R. WATSON Progression in High School Students' (Aged 16--18) Conceptualizations about Chemical Reactions in Solution. **Learning**, 2001.

BOWLES, G. John Harris and the Powers of Matter. **Ambix**, v. 22, n.1, p. 21-38, 1975.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em: 9 set. 2021.

BRASIL, Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica/ Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. - Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL, **Orientações curriculares nacionais para o Ensino Médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. v.2, Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Básica (MEC/SEB), 2006.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei n° 9.394, de 20/12/1996.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEF, 1999, 360p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Programa de melhoria e expansão do ensino médio: projeto escola jovem (síntese). Brasília MEC/SEMTEC, 2001.

BRASIL. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002, 144 p.

BROWN, T L.; H. E.; BURSTEN, B. E; BURDGE, J. R. **Química, a ciência central**, 9ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BULTE, A.M.W., WESTBROEK, H.B., JONG, O. DE, PILOT, A. A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. **International Journal of Science Education** v. 28, p. 1063-1086, 2006.

CAAMAÑO, A. Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**. n. 69, 2011.

CAAMAÑO, A.; MARCHÁN, I. La progresión em el aprendizaje de los conceptos de sustância y reacción química em secundaria. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n.103, p. 7-15, 2021.

CARINE, B.; MESSEDER, H.; MORADILLO, E.; MOREIRA, L. O uso de aspectos históricos das reações químicas como base para a proposição de estratégias didáticas. In: **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**, 2015.

CHASSOT, A.I. **A Ciência Através dos Tempos**. São Paulo: Moderna, 2002.

CHENG M. M. W. AND GILBERT J. K. Modelling students' visualisation of chemical reaction, *Int. J. Sci. Educ.*, v. 39, p. 1173–1193, 2017.

CHENG M. M. W. Students' visualisation of chemical reactions – insights into the particle model and the atomic model. **Chemical Education**, v. 19, 2018.

CHI, M. T. H. Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. In Giere, R. N (ed.). **Cognitive Models of Science**. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, XV. University of Minnesota Press: Minneapolis, 1992.

COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education. **Science Education**, 80, 579-610, 1996.

CORREIA, R. S. **Elaboração de modos de pensar o conceito de calor em contextos diversos**. Caruaru, 2019. 43 p. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Química). Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

COSTA, M. B. S.; SANTOS, B. F. D. The conceptual profile of equilibrium and its contributions to the teaching of chemical equilibrium. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 23, p. 226-239, 2021.

COUTINHO, F. A. **A construção de um perfil conceitual de vida**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2005.

COUTINHO, F. A.; EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Utilizando situações-problema para acessar a tomada de consciência do perfil conceitual: um estudo com a ontodefinição de vida. In: **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Bauru- SP: ABRAPEC, 2005.

CROSLAND, M. P. The use of diagrams as Chemical 'equations' in the lecture notes of William Cullen and Josep Black. **Ambix**, v. 15, n. 2, p. 75-90, 2006.

DALRI, J.; MATTOS, C. R. de. **A dimensão axiológica do perfil conceitual**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, p. 582–601, 2000.

DEWEY, J. **Experien and nature**. New York: W. W. Norton et Company, 1929.

DEWEY, J. *Lógica: teoría de la investigación*. México: Fundo de Cultura, 1950. In: TIBALLI, E. F. A. O conceito pragmatista de experiência em John Dewey. In: XXVI Reunião anual da ANPED, 2003, Poços de Caldas. Anais da XXVI Reunião anual da ANPED - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação. Poços de Caldas : ANPED. v. 26. p. 1-15, 2003.

DEWEY, J. *Lógica: teoría de la investigación*. México: Fondo de Cultura, 1938.

DINIZ JÚNIOR, A. I. **Análise de zonas do perfil conceitual de calor e substância em professores de Química da rede pública de Serra Talhada**. 69 f. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

DINIZ JÚNIOR, A. I. **Análise de zonas do perfil conceitual de substância que emergem na fala de uma professora de Química da rede privada do Recife**. 200 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; AMARAL, E. M. R. Heterogeneidade do Discurso Docente: falando sobre substâncias a partir de diferentes situações. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, p. 42-54, 2019.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; AMARAL, E. M. R. Como estudantes mobilizam concepções sobre reações químicas para explicar fenômenos? In. **Anais do XII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Natal – RN, ABRAPEC, 2019 a.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; AMARAL, E. M. R. Um estudo preliminar para a construção de uma matriz de organização da polissemia sobre o conceito de reações químicas. In: 2º Seminário sobre perfis conceituais (SPeC), 2019b.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; AMARAL, E. M. R.; SILVA, J. R. R. T. Relação entre contextos de zonas do perfil conceitual de substância na fala de professores de Química. In. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, SP, 2015.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Zonas do Perfil Conceitual de Calor que Emergem na Fala de Professores de Química, **Química nova Escola**. v. 37, p. 55-67, (2015).

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science, **International Journal of Science Education**, 11, p. 481-490, 1989.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Revista Química nova na Escola**, n. 9, 1999.

DUARTE, F. T. B. Entendendo a transformação química por meio do processo de fermentação alcoólica. 50 p. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, 2014.

DFAULT, O. Transmutation Theory in the Greek Alchemical Corpus, **Ambix**, v. 62, n. 3, p. 215-244, 2015.

DUHEM, P. **Mixture and Chemical combination**. Transled by, NEEDHAM, P. Springer, 2002.

DUNCAN, M. A. M. The functions of affinity tables and Lavoisier's list of elements. **Ambix**, v. 01, p. 28-42, 1970.

ECHEVERRIA, J. El pluralismo axiológico de la ciencia. *Isegoría*, n.12, p.44-79, 1995.

EL-HANI, C. N.; PIHLSTRÖM, S. Emergence theories and pragmatic realism. **Essays in Philosophy**, v. 3, n.2, article, 2002.

EL-HANI, C. N.; BANDEIRA, F. P. S. F. Valuing Indigenous knowledge: To call it "science" will not help. **Cultural Studies of Science Education**, 3, p. 751-779, 2008.

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo conceitual. *Ensaio: pesquisa em educação científica*, v. 4, n. 1, p. 40-64, 2002.

EL-HANI, C. N.; SILVA-FILHO, W. J.; MORTIMER, E. F. **The Epistemological Grounds of the Conceptual Profile Theory**. In: *Bases of a Research Program Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. New York: Springer, 2014.

FERNANDES, C. S.; MARQUES, C. A.; DELIZOICOV, D. Contextualização na formação inicial de professores de ciências e a perspectiva educacional de Paulo Freire. **Revista Ensaio**, v. 18, n. 2, 2016.

FIGUEIREDO, A. D. de; AFONSO, A. P. **Managing learning in virtual settings: the role of context**. Information Science Publishing, Idea Group Inc, 2005.

FILGUEIRAS, C. A. L. Duzentos anos da teoria atômica de Dalton. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 38-44, 2004.

FREIRE, M. S. **Perfil conceitual de Química: contribuições para uma análise da natureza da Química e do seu ensino**. 255 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2017.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

GARCÍA, J.E. **Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares**. Sevilla: Díada Editora, 1998.

GARNETT, P. J.; GARNETT, P. L.; HACKLING, M. W. Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. **Studies in Science Education**, v. 25, p. 69-95, 1995.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R. **Modelling-based teaching in science education**. Springer, 2016.

GILBERT, J.K. On the nature of "Context" in Chemical Education. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 9, p. 957-976, 2006.

GONZÁLEZ, C. V. Reflexiones y Ejemplos de Situaciones Didácticas para una Adecuada Contextualización de los Contenidos Científicos en el Proceso de Enseñanza. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**.v.1, n. 3, 2004.

GRAPÍ, P.; IZQUIERDO, M. Berthollet's conception of chemical change in context. **Ambix**, v. 44, n. 3, p. 113-130, 1997.

GUIMARÃES, C. R. A.; SILVA, F. C. V.; SIMÕES NETO, J. E. Modos de pensar sobre entropia e espontaneidade de licenciandos em química a partir da Teoria dos perfis conceituais. **Actio: Docência em Ciências**. v. 4, n. 2, p. 15-29, 2019.

GUTIÉRREZ-JULIÁN M.; GÓMEZ-CRESPO M.A.; MARTÍN-DÍAZ, M.J. ¿Es cultura la ciencia?, en Membiela (Ed.) Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia/Tecnología/Sociedad. Una aproximación científica a la formación científica de la ciudadanía. Narcea: Madrid, 2002.

HESSE, I.; ANDERSON, J. Students' Conceptions of Chemical Change. **Journal of research in science teaching**, v. 29, n. 3, p. 277-299, 1992.

HODSON, D. Practical work and school science: exploring some directions for change. **International Journal of Science Education**, 18(7), 755-760, 1996.

HODSON, D. **Towards scientific literacy**: A teacher's guide to the history, philosophy and sociology of science, 2008.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HUDSON, J. **The history of chemistry**. Londres: MacMillan, 1992.

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Compendium of Chemical Terminology. 2. ed. Estados Unidos da América, 2019. Disponível em: <https://goldbook.iupac.org/>. Acesso em: 09 out. 2021.

IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A.; QUINTANILLA, M. **Investigar en la enseñanza de la química**. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar. Universitat Autònoma de Barcelona, 2007.

IZQUIERDO, M.; MERINO, C.; MARZÁBAL, A. La reacción química emociona: la importancia del lenguaje en la modelización del cambio químico. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n.103, p. 16-22, 2021.

JAMES, w. Pragmatismo. São Paulo: Martin Claret, 2005.

JONG, O. Context-based chemical education: How to improve it? **Chemical Education International**. v.8, p. 1-7, 2008.

JONG, O. New Chemistry: context-based modules and pathways in a bottom-up project of curriculum reform. **Educació Química**, n. 20, p. 25-31, 2015.

JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? **Química Nova na Escola**. n.7, 1998.

KATO, D. S. **O significado pedagógico da contextualização para o ensino de ciências**: análise dos documentos curriculares oficiais e de professores. 119f. Dissertação (mestrado – Programa de pós – graduação em Educação, área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007.

KATO, D.S.; KAWASAKI, C.S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KEMERN, I.; MÉHEUT, M. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning, **Chemistry Education Research and Practice**, 2008.

KING, M. C. The course of Chemical change: the life and times os Augustus G. Vernon Harcourt (1834-1919). **Ambix**, v. 31, n. 1, p. 16-31, 1984.

KITCHER, P. O retorno dos Naturalistas. Tradução de Eduardo Salles O. Barra. IN: ÉVORA, F.; ABRANTES, P (orgs.). **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Campinas: UNICAMP, 1998, pp. 27-108.

KOTZ, John C.; TREICHEL JUNIOR, Paul M. **Química Geral e Reações Químicas**. vol. 1, São Paulo: Pioneira Thomson, 2009, 671p.

KURASHOV, V. I. **History and Philosophy of Chemistry**, KDU, 2009, 608p.

LE GRAND, H. E. The “conversion” of C. L. Berthollet to Lavoisiers' chemistry, **Ambix**, v. 22, 1975.

LEACH, J.T.; SCOTT, P.H. The concept of learning demand and approaches to designing and evaluating science teaching sequences. **Studies in Science Education**, 2002.

LEICESTER, H. M. Lomonosov's views on combustion and phlogiston. **Ambix**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 1975.

LEITE, M. A. da S. Mapeamento das zonas do perfil conceitual de calor por meio de um jogo educativo para alunos da EJA. Dissertação, 102.p (Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás, 2018.

LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Contextualização: para além das narrativas sistêmicas a favor da interdisciplinaridade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, p. 56-75, 2021.

LIMA, G. de S.; SILVA, K. R. D. da .; DINIZ JÚNIOR, A. I. Análise de modos de pensar o conceito de Substância Mobilizadas por professores de Ciências . **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, 2021.

LIMA, G. S. **Análise de modos de pensar o conceito de substâncias mobilizadas por professores de ciências**, Monografia, 69.p (Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

LOPES, A. C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e a Submissão ao Mundo Produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Revista Educação e Sociedade**, Campinas, vol. 23, n.80, setembro/2002.

LOPES, A. R. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. **Química Nova na Escola**, n.2, 1995.

MAAR, J. H. **História da Química - Primeira Parte - Dos Primórdios a Lavoisier**. Florianópolis: Conceito. 2008.

MACEDO, C. C.; SILVA, L. F. Os processos de contextualização e a formação inicial de professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19(1), p. 55-75, 2014.

MACHADO JR. I.; ASSIS, R. B.; VASCONCELOS, J. O.; SOUZA, J. C. L.; SANTOS V. H. R.; CUEVAS, J. E. C. O perfil conceitual de reações químicas. **Tchê Química**. Porto Alegre. v. 3, n. 5. p. 43 – 51. 2005.

MACHADO, A. H. M.; MORTIMER, E. F. **Química para o Ensino Médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano**. In: ZANON, L. B.; MALDANER, O. A. **Fundamentos e propostas de Ensino de Química para a educação básica no Brasil**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MATTOS, C.R. **Conceptual profile as a model of a complex world**. In: E.F.Mortimer & C. N. El-Hani, Charbel (Eds.) **Conceptual Profile: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. Contemporary Trends and Issues in Science Education Series, Vol. 43 (1st Ed.), Berlin: Srpinger. 2014.

MÉHEUT, M. **Teaching-Learning Sequences Tools For Learning And/Or Research**. Research and the quality of Science Education, part. 4, Springer, Paris, 2005.

MÉHEUT, M; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, 26:5, p.515-535. 2004.

MENDES, M. P. L **O conceito de reação química no nível médio: história, transposição didático e ensino** 212 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Ensino, História e Filosofia das Ciências, Salvador - BA, 2011.

MIERZECKI, R. **The historical development of chemical concepts**. Varsóvia e Dordrecht: Polish Scientific Publishers e Kluwer Academic Publishers, 1991.

MOCELLIN, R. C., A química Newtoniana, **Química Nova**, v. 29, n. 2, 2006

MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science & Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 268-283.,1995.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Revista Química Nova**, 1997.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 382p. 2000.

MORTIMER, E. F. Perfil Conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencia. **Infancia y Aprendizaje**, v. 24, n. 4, p. 475-490, 2001.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 15 (3), p. 242-249, 1992.

MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Concepções dos estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, n.2, NOV. 1995.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aulas de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações No Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p.283-306, 2002.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. **Contributions of the Sociocultural Domain to Build a Conceptual Profile Model for Molecule and Molecular Structure**. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani, (Eds.). **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer. P. 103- 114 , 2014 .

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; AMARAL, E.M.R.; EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: Theoretical-Methodological Bases of a Research Program in** MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014a.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N; SEPÚLVEDA, C.; AMARAL, E.M.R.; COUTINHO, F. A.; RODRIGUES E SILVA, F. A. **Methodological grounds of the conceptual profile research program** in MORTIMER, E. F., EL-HANI, C. N. **Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts**. New York: Springer, 2014b.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 30 (2), . 111-125, 2011.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in science classrooms**. Buckingham, UK, Open University Press, 2003.

NORMAN, A. Seeing, semantics and social epistemic practice. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 29 (4): 501-513. 1998.

PARTINGTON, J. R.; **A Short History of Chemistry**, 3rd ed., New York: Dover Publications, 1989.

PASDELOUP, M.; LAUGIER, A. Le concept de réaction chimique en gestation. Aster - **La réaction Chimique**, v. 18, p. 165-182, 1994.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**. Campinas: Editora Grafilmagem, 2000.

PEREIRA, R. R. **Perfil conceitual de molécula: heterogeneidade de modos de pensar e falar no Ensino Superior de Química**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação, 2020.

PERUZZO, F.M.; CANTO, E.L., **Química na abordagem do cotidiano**, volume 1, 4ª edição, ed moderna, São Paulo, 2006.

PFUNDT, H. Pre-instrucional conceptions about transformations of substances. **Chimica Didactica**, v. 8, 1982.

PIMENTEL, S. **Análise do potencial heurístico do perfil conceitual de diversidade como ferramenta para investigar o ensino e aprendizagem em ecologia**. Tese de Doutorado em Ensino, História e Filosofia do Ensino de Ciências. Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira De Santana, 2019.

PLESCH, P. H. On the distinctness of chemistry. **Foundations of Chemistry**, v.1, n.1, p.6-15, 1999.

POPPER, K. **Conjecturas e refutações**. Brasília, UnB, 2002.

POWERS, J. C. Fire analysis in the eighteenth century: Hermam Boerhaave and scepticism about the elements. **Ambix**, v. 61, n. 4, p. 385-406, 2014.

POZO, J. I. CRESPO, M. A. G. A. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5 ed. Porto Alegre, Artmed, 2009.

PUTNAM, H. **Pragmatism: an open question**. Oxford e Cambridge: Blackwell Publishers: 1995.

QUÍLEZ, J. A Historical Approach to Development of Chemical Equilibrium Through the Evolution of the Affinity Concept: some educational suggestions. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n 1, p. 69-87, 2004.

QUÍLEZ, J. Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, 24(2), 219-240, 2006.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A.; SOSA, P. Sustancia y reacción química como conceptos centrales em química. Uma discussão conceptual, histórica y didáctica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 8 (3), p. 240-254, 2011.

REIS, V. P. G. S. **Um perfil conceitual de herança biológica: investigando dimensões epistemológicas e axiológicas de significação do conceito no contexto do ensino médio de**

genética. Tese de Doutorado. Universidade Federal Da Bahia E Universidade Estadual De Feira De Santana. 2018.

ROBBINS, P.; AYDEDE, M. **A short primer on situated cognition.** In. ROBBINS, P.,: AYDEDE, M. (Eds.), **The Cambridge handbook of situated cognition** (pp. 3–10). Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

RODRIGUES, A. M. **Redimensionando a noção de aprendizagem nas relações entre perfil conceitual e contexto:** uma abordagem sócio-cultural-histórica Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química e Instituto de Biociências, - São Paulo, 2009.

RODRIGUES, A. M.; MATTOS, C. R. Reflexões sobre a noção de significado em contexto. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, 7, p. 323-33, 2007.

ROONEY, A. **A história da Química:** da tabela periódica a nanotecnologia, M. Books, São Paulo, 2019.

ROSA, M. I. F. P.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, **Química Nova na Escola**, n.2, nov. 1995.

SABINO, J. D **A utilização do perfil conceitual de substância em sala de aula: do planejamento do ensino à análise do processo de aprendizagem dos estudantes.** Recife. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SABINO, J. D.; AMARAL, E. M. R. Utilização do perfil conceitual de substância no planejamento do ensino e na análise do processo de aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, p. 245-265, 2018.

SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Concepções de professores sobre contextualização social do ensino de química e ciências. In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Química**, 22, 1999. Anais. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Química, 1999.

SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CT-S (Ciências – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n.2, dez.2002.

SEPÚLVEDA, C. **Perfil Conceitual de Adaptação: Uma Ferramenta para Análise de Discurso de Salas de Aula de Biologia em Contextos de Ensino de Evolução.** Tese de Doutorado. Universidade Federal Da Bahia E Universidade Estadual De Feira De Santana. 2010.

SEVERINO, A. J. **Metodologia de trabalho científico.** 23 Ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHUMMER, J. Why do chemists perform experiments? In: SOBCZYŃSKA, D.; ZEIDLER, P.; ZIELONACKA-LIS, E. (eds.): **Chemistry in the Philosophical Meldting Pot.** Frankfurt:Peter Lang, 2004, p.395-410.

SILVA, A. P. C.; SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, J. R. R. T. Abordagem do Conceito de Calor por meio de Atividades Experimentais a partir da Teoria dos Perfis Conceituais. **EXPERIÊNCIAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS** (UFRGS), v. 14, p. 438-454, 2019.

SILVA, E.L.D.; MARCONDES, M.E.R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciência**, Belo Horizonte, 12, n. 1, 2010. p. 101-118.

SILVA, J. R. R. T. **Elaboração de atividades experimentais para o ensino de reações químicas elaboradas segundo a noção de perfil conceitual**. Recife, 2008. 56 p. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Química). Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

SILVA, J. R. R. T. **Um perfil conceitual para o conceito de substância**. Recife. 183 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011.

SILVA, J. R. R. T; AMARAL, E. M. R. **Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual**. In: ALBUQUERQUE, U.P.; VERAS, A.S.C.; FREIRE, F.J.; LIRA JÚNIOR, M.A. (Org.). **Caminhos da Ciência**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, v.1, p. 259-273, 2006.

SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância. **Revista Brasileira de Pesquisa em educação em Ciências**, v. 13. n 3. p. 53-72. 2013.

SILVA, K. R. **Análise de modos de pensar o conceito de calor na fala de dois professores de ciências da rede pública de São Raimundo Nonato-PI**, 69 p. Graduação em Licenciatura em Ciências da Natureza). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2017.

SILVA, K. R. D. da; LIMA, G. de S.; DINIZ JÚNIOR, A. I. A heterogeneidade da fala de Professores de Ciências: Analisando modos pensar o conceito de calor. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, 2021.

SILVA, M. G. L.; NUÑEZ, I. B. **O contexto escolar, o cotidiano e outros contextos**. SEDIS/UFRN, 2007.

SILVA, J. R. R. T. S.; AMARAL, E. M. R. Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos. **Química nova na escola**, v. 38, N° 1, p. 70-78, 2016.

SILVA, S. E. R. **Decomposição dos alimentos**: ação dos microorganismos. 34 p. Trabalho de conclusão de especialização em Educação. Universidade Tecnológica do Paraná, 2012.

SILVAa, J. R. R. T. Diversos modos de pensar o conceito de substância química na história da ciência e sua visão relacional. **Ciência e Educação**, p. 707-722, 2017a.

SILVAb, F. C. V. **Análise de diferentes modos de pensar e formas de falar o conceito de ácido/base em uma experiência socialmente situada vivenciada por licenciandos em química**. Recife. 241 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017b.

SIMÕES NETO, J. E. **Uma proposta para o perfil conceitual de energia em contextos do ensino da física e da química**, 251 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2016.

LEITE, M. B.; SOARES, M. H. F. B. Contextualização: para além das narrativas sistêmicas a favor da interdisciplinaridade. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**. v. 26 (2), p. 56 – 75, 2021.

SODRÉ, F. C. R. **Uma proposta de levantamento de perfil complexo de tempo**. Tese (Doutorado). Instituto de Física. Depto Física Experimental. Universidade de São Paulo, 2017.

SOLSONA, N. Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. **International Journal of Science Education**, v. 25 n. 1 p. 3-12. 2003.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M.; de JONG, O. Un Estudio de la Evolución de los Perfiles Conceptuales del Alumnado sobre la Reacción Química. **Revista de Educación en Ciencias**, v. 2, n. 1, p. 44-48, 2001.

SOUSA, A. A. M. **A construção de uma narrativa híbrida para o ensino de química a partir da temática da produção da rapadura**. Monografia, 65.p (Graduação em Licenciatura em Química). Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada, 2019.

SOUZA, I. B. S. **Música e o ensino de química**: abordando o conceito de calor por meio da teoria dos perfis conceituais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Caruaru, 2020.

STAINS M.; TALANQUER V. Classification of chemical reactions: stages of expertise. **Science Teaching**., v. 45, p. 771–793, 2008.

STAVRIDOU H.; SOLOMONIDOU C. Physical phenomena—chemical phenomena: do pupils make the distinction? **International Journal of Science Education**, 1989.

STEIN, R. L. Towards a process Philosophy of Chemistry. HYLE – **International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.10, n.1, p.5-22, 2004.

STOCKHOLM, **Chemical Processes on Solid Surfaces**. Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry, 2007.

TAVARES, C. M. **O perfil conceitual e a construção de conceitos científicos em sala de aula**. Belo Horizonte, 2008. 47 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TEICH, M. Circulation, Transformation, Conservation of Matter and the Balancing of the Biological World in the Eighteenth Century, **Ambix**, v.29, n.1, p.17-28, 1982.

TRENN, T. J. The justification of transmutation: speculations of Ramsay and experiments of Rutherford. **Ambix**, v. 2, 1974.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Atlas, 2009.

TSAPARLIS, G. **Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection?** *Chemistry Education Research and Practice* v. 4, p. 31-43, 2003.

TULVISTE, P. **The cultural-historical development of verbal thinking** (M. J. C. Hall, Trans.). New York, NY: Nova Science. 1991.

VAN BRAKEL, J. Chemistry as the science of the transformation of substances. *Synthese*, v.111, n.3, p.253–282, 1997.

VAN FRAASSEN, Bas C. **A Imagem Científica.** Trad. de Luiz Henrique de Araújo Dutra. São Paulo: Editora UNESP / Discurso Editorial, 2007.

VIDAL, B. **História da química.** Lisboa: Edições 70, 1986.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. R. **É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário?** In: Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Bauru: ABRAPEC, 2007.

VIGOSTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOSTSKI, L. S. **Mind in society: The development of higher psychological process** (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman, Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

VIGOSTSKI, L. S. **The genesis of higher mental functions.** In J. V. Wertsch (Ed.), **The concept of activity in Soviet psychology** (p. 144-188). Armonk, N.Y.: Sharpe, 1981.

VIGOSTSKI, L. S. **Thinking and speech** (N. Minich, Trans.). In R. W. Rieber & A. S. Carton (Eds.), **The collected works of L.S. Vygotsky** (p. 39-285). New York, NY: Plenum Press, 1987.

VOS, W.; VERDONK, A. A new road to reactions (part 4). The Substance and Its Molecules **Journal of Chemical Education**, 1987.

VOS, R. **The Use of Context in Science Education.** Writing assignment. Utrecht University, 2014.

VRIES, M. J. Science, technology and society: A methodological perspective. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 7(1), p. 21–32, 1997.

WARTHA, E. J.; ALÁRIO, A. F. A contextualização no Ensino de Química através do Livro Didático. **Química Nova na Escola**, n° 22, nov., 2005.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v. 35, n° 2, p. 84-91, 2013.

WEINRICH M. L. AND TALANQUER V., (2016), Mapping students' modes of reasoning when thinking about chemical reactions used to make a desired product. **Chemical Education** v. 17(2), p. 394–406, 2016.

WEINRICH M. L.; TALANQUER, V. Mapping students' conceptual modes when thinking about chemical reactions used to make a desired product. **Chemistry Education Research and Practice**, 2015.

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

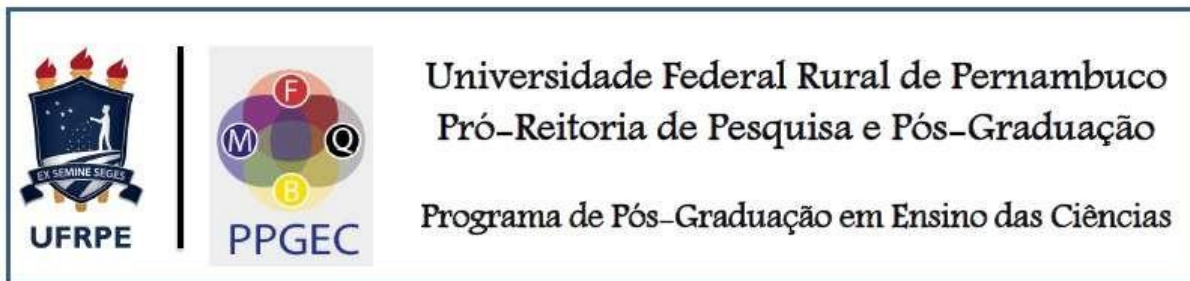
WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind.** Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.

WERTSCH, J.V. **Vygotsky y la formación social de la mente.** Barcelona: Paidós, 1988. winter meeting, New York., 1983.

YAN F.; TALANQUER V. Students' ideas about how and why chemical reactions happen: mapping the conceptual landscape, Int. **J. Science Education**, v. 37, p. 3066–3092, 2015.

APÊNDICES

APÊNDICE A



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Caro(a) estudante,

Eu, **Antônio Inácio Diniz Júnior**, doutorando em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no momento estou desenvolvendo a pesquisa intitulada **Um perfil conceitual para o conceito de reações químicas** sob a orientação da Dr.^a Edenia Maria Ribeiro do Amaral, que tem por objetivo propor um perfil conceitual para o conceito reações químicas, avaliando potencialidades de aplicação de diferentes modos de pensar esse conceito em diferentes contextos.

Para tanto, estamos convidando você para participar desta pesquisa cujos dados serão obtidos por meio da aplicação de questionários, registros orais e escritos, mas preservando-se a identidade dos participantes. Assim, sua participação nesta pesquisa é voluntária e não implicará qualquer risco ou desconforto. Informo que as gravações ficarão à disposição dos participantes. A qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento e sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou a Universidade.

Vale ressaltar que, não existirá despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Comprometemo-nos a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

Solicito cordialmente a devolução deste documento assinado.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, _____, como indivíduo dessa pesquisa, afirmo que fui devidamente orientado (a) e esclarecido (a) sobre o objetivo e a finalidade da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, bem como a utilização dos dados nela obtidos. Esses dados poderão ser utilizados para a pesquisa e para publicações posteriores, desde que a confidencialidade seja garantida. Por isso aceito participar das atividades da pesquisa intitulada **“Um perfil conceitual para o conceito de reações químicas**
Recife, ___/___/ 2020.

Assinatura _____

Telefone: () _____

E-mail: _____

PESQUISADORES**ANTÔNIO INÁCIO DINIZ JÚNIOR**

Licenciado em Química, Mestre e Doutorando em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Contatos: antonioinaciodj@gmail.com

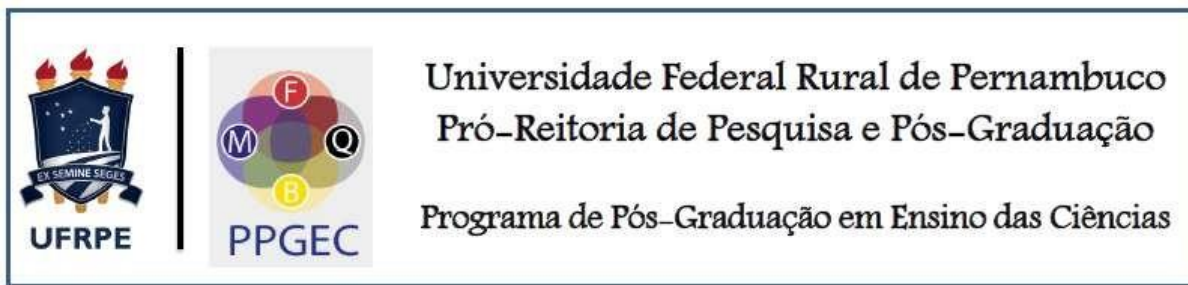
Fones: (87) 9 8845-4387

EDENIA MARIA RIBEIRO DO AMARAL

Professora Associada do Departamento de Química – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife - PE.

Contato: edeniamramaral@gmail.com

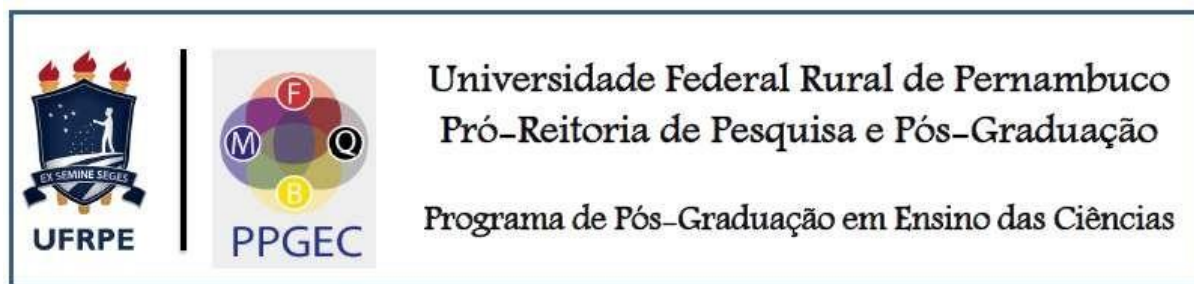
APÊNDICE B



Questionário – Aplicado com estudantes do Ensino Médio e na Primeira Etapa da SD com licenciandos em Química

- 1º) O que você entende por transformações químicas ou reações químicas? Dê exemplos.
- 2º) Que tipos de reações químicas você conhece? Dê exemplos.
- 3º) Como você poderia explicar o que acontece no interior de uma pilha? E o que se observa quando uma pilha fica guardada muito tempo em um aparelho eletrônico?
- 4º) Quando uma pessoa tem azia (acidez estomacal), em geral, ela toma um antiácido para diminuir o desconforto estomacal. Você poderia explicar a ação do antiácido no estômago? O que poderia ocorrer se essa pessoa tomasse limão ou leite para passar a azia? Explique sua resposta.
- 5º) O que você acha que ocorre quando:
 - a) Há corrosão de materiais
 - b) Um papel fica amarelado ao longo do tempo
 - c) A pele fica envelhecida com o passar dos anos
 - d) As frutas amadurecem ou apodrecem
- 6º) Na Antiguidade, quando não existia energia elétrica e muito menos geladeira, as pessoas tinham o grande desafio de conservar os alimentos. Assim eram usadas várias técnicas, como a de defumar, salgar ou secar ao sol alguns alimentos.
 - a) Em sua opinião, quais processos químicos acontecem quando se utiliza o processo de conservação de alimentos com o sal?
 - b) Você sabe como é processo de defumação? Como você explicaria os processos químicos da defumação?
 - c)
- 7º) O que você acha que ocorre quando abrimos uma garrafa de refrigerante gaseificado?

APÊNDICE C



Questionários – Etapa 2 da SD – Vídeos

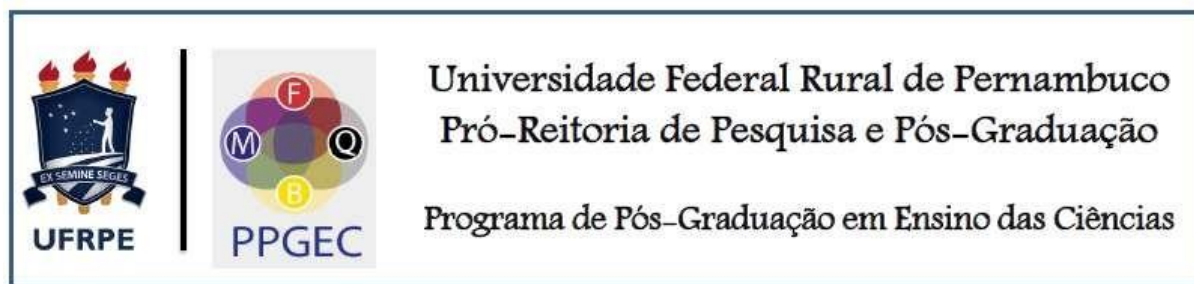
Questionário do Vídeo 1

- 1º) Na sua opinião, qual foi a importância do controle do fogo para o conceito de reações químicas?
- 2º) Explique a transformação que ocorre na madeira que a faz a se transformar em cinzas, fumaça e fogo?
- 3º) De acordo com seus conhecimentos químicos, qual a relação das ideias da transformação da matéria com o conceito de reações químicas?
- 4º) Conforme seus conhecimentos, os metais contidos em diferentes rochas puderam ser obtidos? Explique seu comentário.
- 5º) Como você associaria a metalurgia que aconteceu no início dos séculos com as reações químicas?
- 6º) A partir de seus conhecimentos, como você explica a visão de que “as transformações químicas ocorriam a partir de forças sobrenaturais de deuses e outras divindades”?
- 7º) Com base em seus conhecimentos científicos, como você explicaria a afirmação que: “as transformações químicas ocorriam a partir de uma lei natural associada aos elementos fogo, terra, ar e água”.
- 8º) Conforme seus conhecimentos, como o Amor e o Ódio poderiam ser utilizados como critério para explicar a ocorrência das transformações químicas?

Questionário do Vídeo 2

- 1º) A transformação química e a transformação física seriam as mesmas coisas? Justifique sua resposta.
- 2º) Quando você observa um fenômeno em seu dia a dia, como você faz para identificar se é uma reação química ou não?
- 3º) Como você explicaria quimicamente falando a descoloração e o alisamento capilar. O que ocorre em cada desses processos?
- 4º) No dia a dia como conseguimos constatar se uma reação química realmente aconteceu ou não?
- 5º) a partir de seus conhecimentos, em toda reação química ocorre a liberação de energia na forma de calor? Existe a possibilidade de a reação química não ser irreversível? Justifique sua resposta.
- 6º) Por qual razão não devemos descartar o óleo de cozinha no ralo da pia? Qual problema ele pode causar ao meio ambiente? Quais reações químicas poderíamos aplicar para diminuir o impacto do óleo ao meio ambiente?
- 7º) Como você explicaria e representaria o uso do fermento química no cozimento de um bolo?
- 8º) Quais características e fatores podem desencadear uma reação química

APÊNDICE D



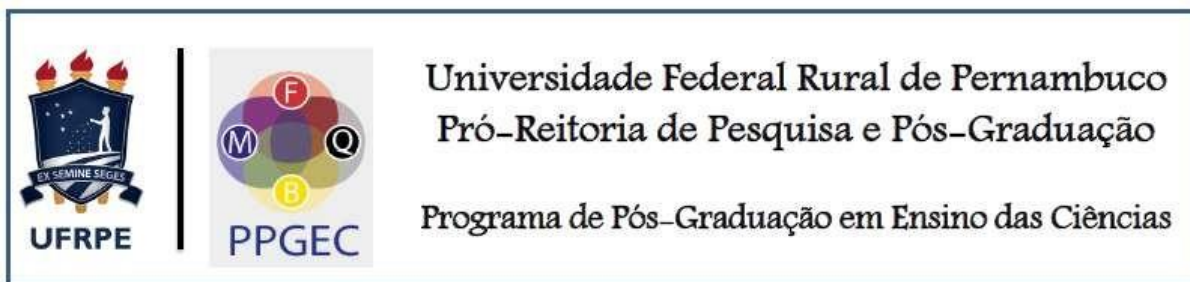
Período: _____ Idade: _____

Questionário – Etapa 3 da SD

A seguir apresentamos algumas afirmações utilizando manifestações que foram expressas por estudantes em diferentes pesquisas que realizaram o levantamento de concepções concernentes ao conceito de reações químicas. Diante disso, a partir de cada afirmação, extraída da literatura, apontem diferenças entre as concepções ditas a partir da visão científica do conceito de reações, bem como gostaríamos que indicasse que dificuldades cada concepção pode representar para a aprendizagem do conceito em estudo.

- a) Ferrugem é uma espécie de fungo ou um tipo de “mudança de estado do ferro”, em que “o ferro virá pó”.
- b) Em uma transformação química pode ocorrer mudança de espaço físico da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente porque se deslocou.
- c) Em uma reação química ocorre uma mudança de estado físico ou de forma durante a transformação.
- d) Reação química seria uma transmutação na qual ocorre uma série de transformações, tal como energia se transformando em matéria.
- e) Uma reação química é uma interação química, que ocorre de forma dinâmica e de na forma corpuscular da matéria.
- f) Transformação química é uma simples mistura.
- g) Transformação química é uma transformação na qual há formação de novo(s) material(is).
- h) Em uma reação química o ferro vira ferrugem porque o ferro tem uma tendência natural a se enferrujar”.
- i) As transformações químicas são consequência de rearranjos dos átomos.

APÊNDICE E



Nesta atividade apresentamos duas situações problematizadoras que de alguma forma envolvem o conceito de reações químicas, considerando diferentes contextos. Diante da situação, informações e questões são colocadas com o objetivo de promover reflexão sobre a aplicação do seu conhecimento químico e suas ideias para analisar e apontar possíveis respostas ou soluções. Ao final, solicitamos que você organize suas ideias em um relatório e um vídeo para apresentar sua análise e a resolução para cada situação. Não esqueça de usar os conhecimentos construídos ao longo das aulas e de suas experiências formativas.

ORIENTAÇÕES

O relatório deverá apresentar os seguintes itens:

1. Identificar questões e problemas na situação que envolvam aspectos químicos e aspectos do contexto- sociais, culturais, ambientais, econômicos e outros.
2. Apontar possíveis caminhos para analisar e resolver questões suscitadas na situação apresentada.
3. Explicar como o conceito de reação química ajudou a compreender e resolver a situação problematizadora no contexto em que ela suscita.
 - Sugerir como essa situação pode ser trabalhada com estudantes na educação básica no ensino de reações químicas:
 - Data de entrega do texto, dia 04/11/2020.
 - Deverá ser postado no Google Sala de Aula ou enviado por e-mail.

Produção de um vídeo curto

1. Solicitamos produzir um vídeo curto, de até 3 minutos, explicando a sua compreensão sobre a situação e como chegou a resolução da mesma e como o conceito de reação química foi aplicado no contexto que a situação foi articulada;
 - O vídeo pode ser enviado pelo WhatsApp ou enviado o link gerado no Google Drive, com liberação de acesso.
 - Data de entrega do vídeo: 04/11/2020.

Primeira Situação Problematizadora

Laura e Afonso, dois grandes amigos saíram para passear em um domingo à tarde, em torno de 13h comeram feijoada próximo a praia, logo em seguida foram para a área de banhistas e ficaram por lá. Em torno das 14:30 h, Afonso falou para Laura que estava se sentindo mal, com queima estomacal, dizendo que provavelmente o almoço não lhe fez bem. Laura, olhou em sua bolsa, viu que tinha um Sonrisal^(R) e deu para seu amigo tomar. Depois de alguns minutos passou o seu desconforto estomacal. Afonso leu na embalagem e viu que o medicamento que tomou tinha diferentes substâncias as quais combatem o desconforto estomacal. Conforme ilustrado na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Informações do Sonrisal ®



Fonte: Google Imagens

A partir da situação descrita acima, responda: O que na feijoada leva a sentir azia? Qual seria a melhor forma de evitar ou tratar? Que consequências poderá ter a saúde?

Segunda Situação Problematizadora

As pilhas e baterias são artefatos tecnológicos frequentemente utilizados em nosso cotidiano, e ao longo dos anos passou por diferentes alterações de modelos, funções e constituição com a finalidade de melhorar cada vez mais a capacidade de produção e armazenamento de energia. Além disso, algumas pilhas e baterias apresentam em suas composições alguns metais pesados, quais sejam: cádmio, chumbo, mercúrio, que são muito arriscados à saúde humana. Alguns desses problemas que são ocasionados pela contaminação com metais pesados está o câncer, mutações genéticas, além de sérios problemas ambientais. Mas vale salientar que, as pilhas e baterias de controles remotos, por exemplo, não oferecem riscos quando estão em funcionamento, entretanto, existe algum teor de perigo no interior delas, pois quando mal armazenada pode ocorrer processos químicos. Assim, diante desta discussão, temos algumas questões. O que acontece no interior da pilha para que ela possa produzir energia? Quando uma pilha estoura, o que provavelmente provocou este processo? Você consegue ilustrar e explicar o funcionamento de uma pilha? Como podemos diminuir contaminações ambientais e em seres humanos provocadas pelo descarte indevido de pilhas e baterias, que leva à contaminação de águas e solos por metais pesados? Justifique suas respostas.