



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**



**AS EQUAÇÕES QUÍMICAS SOB A ÓTICA DE FUTUROS PROFESSORES:
CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL**

EDMUNDO ITAMAR NONATO DE JESUS

TESE DE DOUTORADO

Salvador/BA

2018

EDMUNDO ITAMAR NONATO DE JESUS

**AS EQUAÇÕES QUÍMICAS SOB A ÓTICA DE FUTUROS PROFESSORES:
CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, UFBA/UEFS, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, sob a orientação do Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva e coorientação da Profa. Dra. Isadora Melo Gonzalez.

Salvador/BA

2018

Jesus, Edmundo Itamar Nonato de
As equações químicas sob a ótica de futuros
professores: contribuições para a formação inicial /
Edmundo Itamar Nonato de Jesus. -- Salvador, 2018.
178 f. : il

Orientador: José Luis de Paula Barros Silva.
Coorientadora: Isadora Melo Gonzalez.
Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ensino, Filosofia e História das Ciências) --
Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física /
Campus Universitário de Ondina, 2018.

1. Formação Inicial. 2. Modelos. 3. Ensino de
Química. 4. Equação Química. I. Silva, José Luis de
Paula Barros. II. Gonzalez, Isadora Melo. III. Título.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE
DOUTORADO DE EDMUNDO ITAMAR
NONATO DE JESUS, REALIZADA NO DIA
20 DE JUNHO DE 2018.

No vigésimo dia do mês de junho do ano de dois mil e dezoito, às oito horas e trinta minutos, na Sala de Seminários do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, foi instalada pelo Professor Dr. José Luis de Paula Barros Silva (Orientador – UFBA), por delegação da Profa. Dra. Andréia Maria Pereira de Oliveira, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, a sessão pública para julgamento da Tese Final intitulada “As Equações Químicas sob a Ótica de Futuros Professores: Contribuições para a Formação Inicial” elaborada pelo estudante **Edmundo Itamar Nonato de Jesus**. A banca julgadora foi constituída pelos professores Dr. José Luis de Paula Barros Silva (Orientador – UFBA), Dra. Isadora Melo Gonzales (Coorientadora-UFBA), Dra. Andréia Maria Pereira de Oliveira (UFBA), Dr. André Luis Mattedi Dias (UFBA), Dra. Elisa Prestes Massena (UESC) e Dr. Gerson de Souza Mól (UnB). Passou-se à exposição do doutorando Edmundo Itamar Nonato de Jesus, seguida da arguição dos professores integrantes da banca. A banca reuniu-se, então, em separado, tendo resolvido, por unanimidade, pela APROVAÇÃO. Nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão e lavrada a presente ata. Salvador, 20 de junho de 2018.

Isadora Melo Gonzales

Elisa Prestes Massena

André Luis Mattedi Dias

Gerson de Souza Mól

José Luis de Paula Barros Silva

Dedico este trabalho

Ao Deus Todo-Poderoso, criador dos céus e da terra, meu grande sustentáculo, por permitir que eu realizasse mais um sonho. A Ele, todas as honras, glórias e louvores.

À minha querida esposa Cláudia Senise Santos de Jesus pelo apoio e compreensão tão necessários. Os seus incentivos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu filho Rudah Santos de Jesus que se mostrou grandemente comprometido com este trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, que tanto incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar sempre, a Deus por ter permitido a realização de mais um sonho.

À minha esposa, Cláudia Senise Santos de Jesus, por todo apoio e incentivo.

Ao meu filho, Rudah Santos de Jesus, por ter compreendido os momentos em que eu estava indisponível.

Aos meus pais, pela iniciativa de me inserir no caminho da educação.

Aos meus amigos, que sempre acreditaram em mim.

Aos meus colegas do IFBA que sempre me incentivaram a trilhar este caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Luis de Paula Barros Silva, que acreditou neste pesquisador e em seu projeto.

À minha coorientadora Isadora Melo Gonzalez, que chegou num momento muito oportuno.

À minha colega Renata Rosa Dotto Belas, pela importante e necessária ajuda quando muito precisei.

À professora Tatiana do Amaral Varjão que gentilmente me cedeu um pouco de seu precioso tempo.

Aos professores das diversas disciplinas cursadas pelas luzes acesas quando eu ainda estava na escuridão da pesquisa.

Aos membros da banca por terem contribuído com este trabalho de forma tão profissional e generosa.

Aos(Às) estudantes que participaram da pesquisa.

*As pessoas podem fazer seus planos, mas é
o Senhor quem dá a última palavra.*

Prov. 16:1 (NTLH)

JESUS, E. I. N. **As Equações Químicas Sob a Ótica de Futuros Professores: Contribuições para a Formação Inicial.** 178 f. il. Tese de Doutorado. UFBA/UEFS. Salvador/Bahia, 2018.

RESUMO

A equação química é uma ferramenta mobilizada ao longo de quase toda a formação inicial e pode ser considerada como um ponto central para onde conflui grande parte dos conceitos trabalhados nas aulas de Química. T tamanha importância, no entanto, parece ser negligenciada em sala de aula em função de sua utilização tácita e meramente algorítmica. Como resultado, os(as) estudantes memorizam e aplicam o algoritmo de forma mecânica, sem perceber que estão lidando com um modelo. Como modelo da reação química, a equação pode desempenhar diversos papéis epistêmicos além do representacional, mas nossa hipótese é que tal consideração encontra-se distante das aulas de Química da formação inicial. Assim, estabelecemos como objetivo para nossa pesquisa **compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas ao longo de sua formação inicial**, considerando as dimensões ontológica (natureza), epistemológica (uso) e pedagógica (abordagem) das equações químicas. Para alcançar o objetivo proposto, esta pesquisa teve cunho qualitativo, com orientação teórico-metodológica amparada no interpretativismo. Os dados foram construídos a partir da utilização do questionário e da entrevista semiestruturada, e analisados com base na Análise Textual Discursiva. A análise confirmou a nossa hipótese de que há uma carência importante de discussões acerca dos modelos, de modo geral, e das equações químicas, em particular, no que tange à sua construção e uso, como modelos das reações químicas. A carência dessas discussões tem levado os estudantes a demonstrar dificuldades em reconhecer a aplicação da teoria ao fenômeno, transitar entre os níveis macro e submicro do conhecimento químico e perceber os vários papéis que uma equação química pode desempenhar na explicação química. Argumentamos, portanto, em favor de uma visão mais ampla da equação química como modelo, superando a ideia de representação da reação, e da necessidade da discussão desta macrovisão nas diversas disciplinas que compõem o currículo de formação de professores(as) de Química.

Palavras-chave: Modelos; Formação Inicial; Ensino de Química; Equação Química.

JESUS, E. I. N. Chemical Equations by the Perspective of Future Teachers: Contributions to the Initial Formation. 178 pp. ill. Doctoral Thesis. UFBA/UEFS. Salvador/BA, 2018.

ABSTRACT

The chemical equation is a tool mobilized by almost all the initial formation and can be considered as a central point where most of the concepts worked in Chemistry classes converge. Such importance, however, seems to be neglected in the classroom because of its tacit and merely algorithmic use. As a result, students memorize and apply the algorithm mechanically, without realizing that they are dealing with a model. As a model of the chemical reaction, the equation may play several epistemic roles beyond the representational one, but our hypothesis is that such a consideration is far from the chemistry classes, especially the hard core specific disciplines of initial formation. Thus, we establish as objective for our research **to understand how students of Chemistry Degree conceive the use of the chemical equations throughout their initial formation, considering the ontological (nature), epistemological (use) and pedagogical (approach) dimensions of the chemical equations.** In order to reach the proposed objective, this research had a qualitative character, with theoretical-methodological orientation supported in interpretativism. The data were constructed using the questionnaire and semi-structured interview, and analyzed based on the Discursive Textual Analysis. The analysis confirmed our hypothesis that there is an important lack of discussions about models in general and of chemical equations, in particular as regards their construction and use as models of chemical reactions. The lack of these discussions has led the students to demonstrate difficulties in recognizing the application of the theory to the phenomenon, to move between the macro and submicro levels of chemical knowledge and to perceive the various roles that a chemical equation can play in the chemical explanation. We argue, therefore, for a broader view of the chemical equation as a model, overcoming the idea of reaction representation, and the need to discuss this macrovision in the various disciplines that make up the chemistry teacher training curriculum.

Keywords: Models; Teaching Formation; Chemical Teaching; Chemical Equation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Orbitais moleculares do benzeno	57
Figura 2 – Formação dos íons Na^{1+} e Cl^{1-}	58
Figura 3 – Relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico	65
Figura 4 – Transição entre os níveis macroscópico e submicroscópico	67
Figura 5 – Representação de Jean Beguin: um protótipo para a equação química	74
Figura 6 – Dimensão ontológica e suas categorias	107
Figura 7 – Dimensão epistemológica e suas categorias	108
Figura 8 – Dimensão pedagógica e suas categorias	108
Figura 9 – Relação entre as 3 dimensões propostas	111
Figura 10 – Relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico	127
Figura 11 – Relação entre as dimensões de análise	143
Quadro 1 – Categorização das definições de reação química	72
Quadro 2 – Pressupostos de cada item do questionário	91
Quadro 3 – Pressupostos de cada item da entrevista	93
Quadro 4 – Transcrições das respostas ao item 02-A do questionário	98
Quadro 5 – Dimensionamento das categorias relativas aos itens do questionário	100
Quadro 6 – Exemplo de transcrição das respostas ao item 01-B, do estudante Bob	102
Quadro 7 – Dimensionamento das categorias relativas aos dados das entrevistas	105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Uma Concepção sobre as Concepções	15
1.2 Orientações Ontológica e Epistemológica	17
1.3 A Perspectiva Teórico-Metodológica Interpretativista	19
1.4 A Atitude Fenomenológico-Hermenêutica	20
1.5 Organização do Texto	22
2 RELAÇÃO TEORIA \rightleftharpoons MODELO \rightleftharpoons REALIDADE	24
2.1 Realidade e Realismo	26
2.2 Teoria, Modelo e Realidade	28
2.2.1 A visão sintática	28
2.2.2 A visão semântica	30
2.2.3 A visão modelomediadora	32
2.3 Mundo Real e Mundo da Ciência: Modelos e Representações	34
3 OS MODELOS E O ENSINO DE QUÍMICA	44
3.1 Uma Epistemologia para a Formação Inicial	46
3.1.1 Os saberes e a formação inicial dos professores de Química	49
3.2 Os Modelos e sua Relação com a Química e seu Ensino	53
3.3 Quando Explicamos Algo em Sala de Aula?	59
3.3.1 O papel dos modelos	64
4 UM EXEMPLO DE MODELO: A EQUAÇÃO QUÍMICA	68
4.1 As Reações Químicas no Ensino de Química	70
4.2 Relação Triádica: Teoria \rightleftharpoons Equação Química \rightleftharpoons Reação Química	75
4.3 As Equações Químicas no Ensino de Química	78
5 A CONSTRUÇÃO E O TRATAMENTO DO <i>CORPUS</i>	83
5.1 O Contexto da Pesquisa	85
5.2 Os Métodos para a Construção dos dados	86
5.2.1 A resposta escrita e a resposta oral: considerações para a escolha das técnicas	88
5.2.2 O questionário	89
5.2.3 A entrevista semiestruturada	92
5.3 A Análise Textual Discursiva	95
5.4 A Ordem em Meio ao Caos: Desconstruir para Reconstruir	97
5.4.1 Tratando o <i>corpus</i> proveniente do questionário	98

5.4.2 Tratando o <i>corpus</i> proveniente das entrevistas	101
5.4.3 Organizando o caos	106
6 O QUE DISSERAM OS(AS) ESTUDANTES?	112
6.1 Dimensão Ontológica	114
6.2 Dimensão Epistemológica	122
6.3 Dimensão Pedagógica	129
6.4 Interpretando as Interpretações	136
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141
REFERÊNCIAS	147
ANEXOS	162
• Anexo I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	163
• Anexo II – Organização do <i>Corpus</i>	164

1
INTRODUÇÃO

O ensino de ciências, em geral, e de Química, em particular, deve basear-se, entre outras coisas, na construção e uso de modelos para fornecer explicações em sala de aula (LEMES; PORTO, 2013; ADÚRIZ-BRAVO, 2012), numa tentativa de aproximar os(as) estudantes das discussões propostas pelas ciências, além de apresentar as ferramentas que podem permitir àquele estudante adotar uma postura mais crítica e reflexiva em relação à sua própria realidade. Apesar disso, a tarefa de construir e usar modelos em sala de aula não tem sido algo trivial nem para o professor que, muitas vezes ao assumir uma postura de transmissor de conteúdos (LIBÂNEO, 2011), transita entre os diversos tipos diferentes de modelos de forma acrítica, nem para os(as) estudantes que são desafiados a aprender conteúdos extremamente abstratos, idealizados e complexos sem uma devida orientação (MELO; NETO, 2013).

Em nossa pesquisa de Mestrado analisamos os saberes (TARDIF, 2007; GAUTHIER, 1998) que os professores de Química julgam importantes para a mobilização do conhecimento químico em sala de aula (JESUS, 2011), e uma das discussões levantadas dava conta de que o estudante da Licenciatura, em sua formação profissional, tem contato com diversos conhecimentos e saberes acerca da Química, mas que em sala de aula, quando confrontado com a situação real, novos conhecimentos e saberes que não estavam previstos em sua formação passam a fazer parte do repertório daquele, agora, professor de Química. Naquele trabalho de pesquisa, analisando as respostas de um dos professores pesquisados acerca da distância entre a formação e a atividade profissional, concluímos o seguinte (JESUS, 2011, p. 85):

(...) ou o professor *J* está certo quando diz que muitos teóricos estão muito afastados da realidade do que acontece em sala de aula e, neste caso, a literatura pesquisada mostrou-se insuficiente para compreender aquilo que foi produzido na pesquisa, ou os professores é que encontram-se deveras distantes das produções acadêmicas acerca de suas atividades profissionais e, neste caso, precisam se aproximar das discussões em momentos de educação continuada. Ou, ainda, as duas coisas.

Em nossa pesquisa atual, vamos continuar olhando para o trabalho de mediação didática do professor, mas com outra perspectiva: partindo do princípio já colocado de que há uma intensa mobilização de modelos para a explicação química em sala de aula e que isto não ocorre de forma pacífica, pretendemos lançar o nosso olhar para o estudante da Licenciatura e tentar compreender como ele concebe este uso de modelos diferentes na mobilização do conhecimento. Desta forma, estabelecemos como objetivo **compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas na sua formação**

inicial, considerando as dimensões ontológica (natureza), epistemológica (uso) e pedagógica (abordagem) das equações químicas.

A partir da dimensão ontológica pretendemos compreender como os(as) estudantes concebem a natureza das equações químicas (o que são e como são construídas). A dimensão epistemológica envolve a compreensão acerca de como os(as) estudantes percebem o uso das equações quando mobilizadas para prover explicações nas disciplinas específicas do curso, sobretudo aquelas que mais utilizam as equações químicas em suas aulas, como Química Geral, Inorgânica, Físico-Química, Analítica e Orgânica (doravante nos referiremos a estas disciplinas apenas como disciplinas específicas de Química). Consideramos as dimensões ontológica e epistemológica como indissociáveis por entendermos que conhecer adequadamente as equações químicas supõe certa visão acerca de sua natureza, construção e uso.

Por sua vez, a dimensão pedagógica pretende revelar se há, ou não, discussões acerca da construção/uso das equações químicas, como modelos das reações químicas, na mediação do conhecimento químico nas disciplinas específicas do curso.

Nossa Tese se baseia na hipótese de que nas disciplinas específicas de Química, que compõem a matriz curricular, as equações químicas são utilizadas de modo tácito, como se o seu conceito mais amplamente conhecido (representação de uma reação química) desse conta da multiplicidade de maneiras que ela é utilizada e das formas diferentes como ela medeia o acesso ao conhecimento químico. Sendo este o caso, a partir de nossas compreensões acerca das concepções de licenciandos em relação ao uso das equações químicas na formação inicial, pretendemos **argumentar em favor de uma visão mais ampla da equação química como modelo, superando a ideia de representação da reação, e da necessidade da discussão desta macrovisão nas diversas disciplinas específicas que compõem o currículo de formação de professores de Química.**

O recorte de conteúdo – equações químicas – se dá em virtude de sua quase onnipresença ao longo de todo o nível médio e superior: uma grande parte dos conteúdos de Química estudados faz menção a, ou utilizam como modelo principal, uma equação química. Além disso, como vai ser devidamente mostrado, as equações químicas são modelos das reações químicas, fazendo a ponte necessária entre os **dois níveis do conhecimento químico**: o **macroscópico**, que envolve as propriedades das substâncias, suas transformações e quantidades (mol), e o nível **submicroscópico**, que envolve os átomos, moléculas, íons, quebra e formação de ligações químicas e rearranjo entre os átomos, constituindo-se num tema extremamente rico e essencial para o ensino de Química.

Para dar conta desta empreitada, tangenciamos algumas discussões que são próprias da Filosofia da Ciência, da Filosofia da Química e da Didática da Química, a fim de darmos conta de três questões essenciais que nortearão a análise dos dados construídos junto aos(as) estudantes: (1) Dimensão ontológica: **o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?** (2) Dimensão epistemológica: **como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?** (3) Dimensão pedagógica: **como são abordadas as equações químicas na formação inicial?**

A seguir, apresentaremos brevemente a proposta metodológica que embasou esta pesquisa e forneceu os óculos teóricos necessários para ver o caminho que deveríamos trilhar, tanto na seleção do referencial teórico quanto, posteriormente, na escolha e uso dos instrumentos de produção e análise dos dados. Antes, porém, sentimos a necessidade de fazer **um esclarecimento: o que é isso que denominamos concepções?**

1.1 Uma Concepção Sobre as Concepções

Diversos trabalhos de pesquisa sobre concepções prévias / tardias / alternativas, de estudantes e professores, têm sido publicados ao longo dos últimos anos (DURBANO, 2012; OSÓRIO, 2011; CARVALHO et al, 2009; SCHEID et al, 2007; MILARÉ, 2007; FERNANDEZ e MARCONDES, 2006; GONDIM e MENDES, 2006), mas que não possuem em sua estrutura uma definição clara do que os autores e autoras definem como concepção, passando a impressão de que este é um termo óbvio, de significação pacífica e consensual. O problema é que para cada trabalho, o óbvio assume uma terminologia e significado diferentes e, embora abordem o que chamam de concepções, sejam de docentes ou de discentes, fazem uma verdadeira miscelânea de significações, utilizando termos como **ideias prévias, senso comum, conhecimento, saber, representação** entre outras, como sinônimo do termo concepção, gerando uma grande confusão epistemológica. Afinal de contas, o que é isso que se apresenta a nós como **concepções**, na pesquisa em educação?

Quando se pede a um sujeito qualquer que exponha sua opinião a respeito de um fato, corre-se o risco de ouvir, como introdução à sua fala: “na minha concepção...”. Neste caso específico, se o sujeito introduzisse a sua fala com: “no meu ponto de vista...”, ou ainda “eu acho que...”, o sentido seria o mesmo. Neste exemplo, o uso do termo concepção tem a ver com o “ponto de vista” do sujeito.

Em geral, ficamos com a impressão de que a concepção tem sido considerada como aquilo que se pensa a respeito de algo ou de um fato, sem a necessidade de um embasamento

teórico ou de reflexões profundas do próprio sujeito que, supostamente, concebe. Neste sentido, entende-se que a concepção de um sujeito é adquirida empírica e tacitamente a partir de experiências, vivências e observações sobre aquilo a que se refere. Não é este o sentido que estamos considerando para a nossa pesquisa.

Compreendemos que **a concepção é atribuída pelo pesquisador ao sujeito pesquisado** a partir de respostas que este fornece às provocações que lhe são feitas. Desta forma, partimos do pressuposto que o indivíduo não possui uma concepção, mas suas ideias a respeito de algo ou de um fato podem ser expressas e, então, categorizadas pelo pesquisador dentro de caixinhas que, aí sim, classificamos como concepções. Se o nosso aporte teórico nos leva a classificar as respostas do sujeito em duas concepções tidas como rivais, então dizemos que o sujeito pesquisado está vivendo um “conflito epistemológico”, mesmo que ele não tenha ideia de tal conflito e consiga viver perfeitamente bem com as ideias que nutre acerca das coisas.

Concepções prévias, alternativas, empiristas, positivistas, realistas, pós-modernistas, dentre outras tantas, são as caixinhas onde tentamos adequar aquilo que o sujeito pesquisado nos apresenta como resposta às nossas indagações. Ele nos mostra suas ideias e nós as acomodamos em uma ou várias categorias. Desta forma, compreendemos que **a própria concepção, em si, é um modelo** utilizado pelo pesquisador para entender e representar o pensamento do sujeito pesquisado sobre determinado assunto. A realidade da pesquisa é aquilo que o sujeito expressa e o pesquisador procura representar esta realidade por meio das concepções. Se, por exemplo, as respostas de um sujeito demonstram que ele acredita em uma realidade fora de sua consciência, classificamos sua concepção como realista (dependendo do grau de realismo, ainda poderemos aderir algum adjetivo secundário como ingênuo ou crítico).

A partir do exposto, consideramos que o pesquisador não tem acesso direto às concepções dos sujeitos, bem como não entendemos que tais concepções sejam objetos cognitivos inerentes aos sujeitos. Ao pesquisador cabe, a partir da seleção e aplicação de instrumentos adequados e análise adequada das respostas obtidas, captar o que os sujeitos têm a dizer sobre determinados assuntos, coisas ou fatos de interesse do pesquisador e, embasado por um aporte teórico adequado, categorizar as respostas na esperança de poder tecer uma interpretação racional e fundamentada acerca da concepção (ou concepções) que emerge(m) na pesquisa.

Desta forma, compreendemos que uma pesquisa que trate do tema **concepção** como o fenômeno a ser estudado, precisa se ancorar em pressupostos ontológicos, epistemológicos e

teórico-metodológicos que favoreçam a interação necessária entre o pesquisador e os sujeitos pesquisados.

1.2 Orientações Ontológica e Epistemológica

Para a confecção deste trabalho de pesquisa, **assumimos uma posição ontologicamente realista**, ou seja, compreendemos que existe uma realidade exterior à nossa mente, que já estava lá quando nascemos e continuará lá após morrermos. No entanto, entendemos que a nossa apropriação de tal realidade não se dá de forma imediata, pelo contrário, diversos são os canais de mediação entre a nossa mente e a realidade em que estamos inseridos, de forma que nossas representações, frutos de nossas interações e internalizações, assumem um papel preponderante na construção de nossas compreensões acerca do mundo e das coisas do mundo. Sem negar que deve haver um componente individual na construção das representações que fazemos acerca do real e das coisas que reputamos como reais, compreendemos que é socialmente que tais representações, compartilhadas, assumem um sentido: “toda realidade, como realidade significativa, é socialmente construída” (CROTTY, 1998, p. 54). Gergen (2009, p. 303), abordando o construcionismo social, faz uma significativa contribuição neste sentido:

Os termos com os quais entendemos o mundo são artefatos sociais, produtos historicamente situados de intercâmbios entre as pessoas. Do ponto de vista construcionista, o processo de compreensão não é automaticamente conduzido pelas forças da natureza, mas é o resultado de um empreendimento ativo, cooperativo, de pessoas em relação. Sob este enfoque, a investigação é atraída às bases históricas e culturais das várias formas de construção do mundo.

Nesta linha de pensamento, de acordo com Turato (2005, p. 510):

(...) o interesse do pesquisador volta-se para a busca do significado das coisas, porque este tem um papel organizador para os seres humanos. O que as ‘coisas’ (fenômenos, manifestações, ocorrências, fatos, eventos, vivências, ideias, sentimentos, assuntos) representam, dá molde à vida das pessoas. Num outro nível, os significados que as ‘coisas’ ganham, passam também a ser partilhados culturalmente e assim organizam o grupo social em torno destas representações e simbolismos.

Sendo este o caso, ou seja, compreendendo que a realidade não pode ser apreendida diretamente já que não temos acesso imediato, associado ao fato de que o conhecimento acerca da realidade é construído socialmente, e não descoberto, nem coletado, **epistemologicamente assumimos neste trabalho uma postura construcionista** (GERGEN, 2009; CROTTY, 1998).

A epistemologia nos informa o que pode ser conhecido acerca do mundo e como podemos garantir que tais conhecimentos são adequados e legítimos. Num sentido construcionista, o conhecimento acerca do mundo e das coisas do mundo não é descoberto, mas construído, já que não está inerente ao objeto de estudo, esperando ser coletado. Importante salientar que a noção de construcionismo é diferente de construtivismo (CROTTY, 1998). O construtivista descreve como o homem, individualmente, se relaciona com os objetos do mundo e atribui significados a eles, enquanto o construcionista defende que os significados são construídos na relação com os objetos do mundo, não atribuídos unilateralmente. O termo construtivismo reserva-se às considerações epistemológicas que focam exclusivamente na geração de sentido como atividade da mente individual, enquanto o termo construcionismo aplica-se às considerações que focam na geração e transmissão coletiva de sentidos. (CROTTY, *idem*).

Construcionismo não implica, necessariamente, numa negação da realidade, como externa à consciência (CROTTY, 1998), mas uma consideração de que o acesso a tal realidade, ou seja, o conhecimento acerca das coisas reais é construído a partir da interação dos sujeitos (não apenas individualmente, mas, sobretudo, coletivamente) com os objetos. Tal conhecimento não é puramente objetivo, nem puramente subjetivo, de forma que a objetividade e a subjetividade são tomadas como indissolúveis (CROTTY, 1998).

Neste sentido, torna-se indispensável a consideração do conceito de intencionalidade, que surgiu na filosofia escolástica, ressurgiu no século XIX, com a fenomenologia de Edmund Husserl e tem continuidade na fenomenologia existencialista de Merleau-Ponty e Heidegger. De acordo com Crotty (*idem*, p. 44-45):

A consciência é sempre uma consciência *de algo*. (...) Quando a mente se torna consciente de algo, quando ‘conhece’ algo, ela alcança o objeto.

Por causa da relação essencial que a experiência humana mantém com o objeto, nenhum objeto pode ser adequadamente descrito se isolado da consciência que o experimenta, nem pode qualquer experiência ser adequadamente descrita se isolada do objeto. A experiência não se constitui numa esfera da realidade subjetiva separada de, e em contraste com, o reino objetivo do mundo externo. (...) Da forma como a intencionalidade se nos apresenta, tal dicotomia entre o subjetivo e o objetivo é insustentável. Sujeito e objeto, distintos como são, estão sempre unidos. Esta é a visão capturada no termo ‘intencionalidade’.

Aceitar a noção de intencionalidade é rejeitar o objetivismo. Igualmente, rejeitar o subjetivismo. O que a intencionalidade traz à tona é a interação entre o sujeito e o objeto. A imagem invocada é a de seres humanos envolvidos num mundo humano. É dentro e fora desta interação que surgem os significados.

É justamente sobre isso que nos referimos em nossa pesquisa: seres humanos envolvidos num mundo humano, relacionando-se com este mundo e, coletivamente, construindo o conhecimento acerca do mundo.

1.3 A Perspectiva Teórico-Metodológica Interpretativista

Adotar uma perspectiva teórico-metodológica significa comprometer-se com uma linha filosófica que enviesará a metodologia aplicada para empreender a pesquisa, já que diferentes formas de ver o mundo envolvem diferentes maneiras de pesquisar o mundo (CROTTY, 1998). Para a confecção deste trabalho, a perspectiva teórico-metodológica adotada é o **interpretativismo**.

Adotar uma posição interpretativista não significa, de modo geral, que haja uma negação acerca da possibilidade da existência de uma realidade exterior à mente, mas que as nossas descrições e interpretações acerca da realidade não são exteriores à mente. Em outras palavras, uma pesquisa situada numa perspectiva interpretativista considera que, independentemente de haver uma realidade exterior à nossa cognição, a apreensão da realidade é sempre algo construído, e não descoberto ou coletado (GIVEN, 2008), e nem imposto ao objeto, mas fruto das interações bilaterais entre o observador e o objeto. Com isso, estamos afirmando que o conhecimento não é nem fruto de uma imposição do objeto sobre o sujeito, nem do sujeito sobre o objeto.

Uma ilustração acerca desta relação entre o sujeito e o objeto é feita por Crotty (1998), quando compara a descrição do pesquisador como um *bricoleur* que é feita por Denzin e Lincoln, e a que é feita por Claude Lévi-Strauss.

Bricoleur é uma palavra de origem francesa que identifica o trabalhador manual ou, nas palavras de Denzin e Lincoln (2007), um confeccionador de colchas de retalho ou, ainda, alguém que atua reunindo as imagens para a montagem de filmes. Para Crotty (1998), Denzin e Lincoln entendem o pesquisador-*bricoleur* como possuindo uma habilidade individual, podendo empregar uma grande variedade de ferramentas e métodos, mesmo os não convencionais. Neste caso, a *bricolagem* estaria relacionada a uma autorreflexão do pesquisador e à inventividade, engenhosidade e imaginação do pesquisador sobre o objeto da pesquisa.

Por outro lado, o pesquisador-*bricoleur*, segundo Lévi-Strauss, é como um artesão improvisador que, armado com pedaços e peças que já eram parte de um todo, agora reúne como partes de um novo todo. Para ilustrar esta visão do *bricoleur*, Lévi-Strauss imagina um

artesão (*bricoleur*) que tem nas mãos um pedaço de madeira de carvalho em forma de cubo, que pode ter feito parte de um guarda-roupa, ou de outro móvel qualquer, mas que a partir daquele momento servirá para um novo propósito. Diferente da visão de Denzin e Lincoln, para Lévi-Strauss a inventividade, engenhosidade e imaginação do *bricoleur* não são aplicadas sobre o objeto, mas dependem das características do objeto (CROTTY, 1998). Enquanto na visão de Denzin e Lincoln o *bricoleur* é também um inventor e o foco está na habilidade individual do pesquisador, Lévi-Strauss considera que o objeto é o fator limitante do trabalho do pesquisador-*bricoleur*.

A relação do pesquisador com o objeto da pesquisa, numa visão interpretativista, deve envolver a ideia de artesão-*bricoleur* nos dois sentidos apresentados, e supera-la: ao tempo que o pesquisador precisa ter habilidades individuais e conhecimento suficiente para se adaptar às diversas situações que envolvem a pesquisa, o próprio objeto da pesquisa precisa ser considerado com seriedade e, sim, limita a ação do pesquisador, mas até certo ponto. Uma das tarefas da pesquisa interpretativista é interpretar as interpretações (com o perdão da redundância). Em nossa pesquisa, por exemplo, desejamos compreender as concepções dos(as) estudantes. Sendo as concepções frutos das interpretações de estudantes de Licenciatura acerca do fenômeno (no caso, as equações químicas no ensino de Química), então o que estamos nos propondo a fazer é **interpretar** (compreender) **as interpretações** (concepções) dos(as) estudantes e, ao fazermos isso, avançaremos em relação à limitação que o objeto da pesquisa nos impõe, superando, portanto, a dupla ideia de artesão-*bricoleur* apresentada por Michael Crotty. Afinal, compreender é saber como ir adiante (WITTGENSTEIN, 1999).

Esta noção de superação dialoga perfeitamente bem com o referencial que usamos para proceder à análise dos dados, qual seja, a Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2013), segundo a qual o pesquisador, depois de submeter os dados aos processos de desconstrução e reconstrução, agora se envolve com novas compreensões acerca do fenômeno.

1.4 A Atitude Fenomenológico-Hermenêutica

A perspectiva interpretativista adotada para a produção e análise dos dados desta pesquisa está acompanhada por uma **atitude metodológica** baseada na abordagem **fenomenológico-hermenêutica** diante dos instrumentos e dos dados produzidos. Deve ficar claro que não estamos, aqui, aderindo completamente a qualquer das posições filosóficas

classificadas como **fenomenologia**, e nem com a **hermenêutica**. Quando assumimos uma **atitude**, entendemos que nossa utilização daquelas propostas filosóficas tem um caráter mais pragmático do que propedêutico, ou seja, nos apropriaremos momentaneamente de certos aspectos da abordagem fenomenológica-hermenêutica que nos permitam alcançar o nosso objetivo, numa espécie de *bricolagem*. Dito desta forma, tentamos alertar aos possíveis leitores e leitoras deste trabalho que não encontrarão aqui um tratado sobre as fenomenologias de Husserl e Merleau-Ponty, nem sobre as hermenêuticas de Habermas, Heidegger e Gadamer. Nosso metatexto acerca da atitude fenomenológico-hermenêutica ampara-se nas contribuições de Moura (2016), Dittrich e Leopardi (2015), Roach (2008), Souza (2001), Gamboa (2000) e Crotty (1998).

Vale ressaltar que esta pesquisa é construída a partir de uma perspectiva ontologicamente realista e epistemologicamente construcionista. Isto significa que partimos do pressuposto de que existe uma realidade independente da mente humana, cujo acesso não é direto, mas mediado, e que o conhecimento acerca do que se revela a nós como realidade é construído socialmente, nas interações interpessoais. Além disso, conforme já dito, a **atitude metodológica** com a qual nos comprometemos baseia-se em cortes e recortes das considerações tradicionais tanto das fenomenologias, quanto das hermenêuticas.

Um destes cortes tem relação com o que Dittrich e Leopardi (2015), referindo-se à primeira etapa de uma pesquisa hermenêutica, denominaram “ir ao fenômeno com olhar ingênuo, ou seja, aproximar-se do lugar do fenômeno (objeto) sem preconceções, como se fosse desconhecido”. Diante das assunções ontológicas e epistemológicas que norteiam esta pesquisa, percebemos a impossibilidade de atender a esta recomendação das autoras, pois se o conhecimento é construído nas relações, subentende-se que há algum conteúdo cognitivo tanto no pesquisador quanto no sujeito pesquisado que deverá interagir. Daí a impossibilidade de uma aproximação ingênua, como proposto. De fato, quando o pesquisador se aproxima do fenômeno já o faz com uma intenção, com uma consciência do que está fazendo. Ao propor a investigação e ao construir as indagações que provocarão uma resposta dos pesquisados, igualmente estará envolvendo uma enorme carga de propósitos à atividade. Assim, a total suspensão dos julgamentos e das preconceções não aconteceu. Nas palavras de Masini (2000, p. 62), “estamos livres quando sabemos de nossos valores, conceitos e preconceitos e podemos ver o que se mostra cuidando das distorções”.

Dentro de uma atitude fenomenológico-hermenêutica, a compreensão de concepções é fruto de uma interpretação do pesquisador a respeito das interpretações dos sujeitos pesquisados ao responderem às indagações do primeiro. Isto sugere uma interação consciente

e intencional do pesquisador com os sujeitos pesquisados, de modo que se revela uma intersubjetividade que estabelece um horizonte comum onde “o objeto da pesquisa seja entendido não em seus próprios termos, nem sobre os termos do pesquisador, mas nos termos comuns a ambos” (MOURA, 2016, p. 101). Portanto, tal atitude requer uma aproximação consciente do fenômeno que pretendemos compreender, no caso, as concepções. Por isso, sendo uma tarefa importante desta pesquisa a compreensão das concepções, a pergunta inicial e obrigatória (com seus desdobramentos) para esta pesquisa (e que desenvolvemos no item 1.1 deste capítulo) foi: o que é isso que se apresenta a nós como concepções? Que noção os sujeitos têm de suas concepções? Como podemos acessar as concepções dos sujeitos? Em que medida as concepções são resultados da inferência do pesquisador?

1.5 A Organização do Texto

Na tentativa de perseguir o objetivo central proposto, **compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas, como modelos, na formação inicial**, estruturamos esta pesquisa da seguinte forma:

- O capítulo 1, em que estamos inseridos, aborda, de modo geral, como o texto foi construído e os pressupostos ontológico, epistemológico e teórico-metodológico que assumimos para dar conta do objetivo da pesquisa.
- O capítulo 2 possui uma carga levemente filosófica e trata da relação entre as teorias científicas, os modelos e os fenômenos. Nesta sessão temos contato com a visão Modelomediadora, discutimos acerca da diferença entre a realidade **real** e a realidade da ciência e tentamos embasar uma noção de modelo que nos permita um olhar mais acurado sobre o objeto da pesquisa.
- O capítulo 3, que aborda a relação entre os modelos e o ensino de Química, tem um viés levemente filosófico e didático ao discutir uma epistemologia para a formação inicial dos professores de Química, mostrar uma relação entre os modelos e o ensino de Química e discutir o papel dos modelos no ensino de Química.
- No capítulo 4 apresentamos o recorte de conteúdo para o qual lançamos nosso olhar: a equação química. Neste ponto, discutimos alguns problemas recorrentes no ensino e na aprendizagem das reações químicas e analisamos a construção e o uso da equação química como modelo, que supera o papel meramente representacional (no sentido de ilustração) em relação à reação química.

- O capítulo 5 retoma a discussão metodológica da pesquisa, tratando mais especificamente da parte empírica do trabalho, apresentando o contexto da pesquisa e como os dados foram construídos, tratados e analisados.
- O capítulo 6 traz o diálogo do *corpus* analisado com o referencial teórico construído, o que permitiu a nossa busca por respostas às questões norteadoras. É neste ponto que nós apresentamos a nossa compreensão acerca das concepções dos(as) estudantes sobre as equações químicas na formação inicial e apontamos para o objetivo desta pesquisa.
- No capítulo 7 fazemos um fechamento das nossas compreensões acerca das concepções dos estudantes e apresentamos contribuições para outras pesquisas.

Estes são os pilares sobre os quais nosso texto foi construído e que nos permitiram, uma vez alcançado o objetivo proposto, fazer a defesa de nossa Tese. Desejamos que nossos(as) leitores(as) apreciem este trabalho e que ele cumpra o propósito de toda pesquisa: levantar novas questões para o avanço do ensino de Química.

2

RELAÇÃO TEORIA \rightleftharpoons MODELO \rightleftharpoons REALIDADE

As primeiras reflexões institucionalizadas acerca da Natureza da Ciência foram trazidas à luz na década de 1930, aproximadamente, com o estabelecimento da Filosofia da Ciência como disciplina autônoma, tendo como alguns dos principais objetos de estudo as estruturas das teorias científicas e suas relações com a realidade. Posteriormente, por volta da década de 1950, os modelos começaram a ocupar um lugar de destaque na agenda de pesquisa epistemológica. De acordo com Suppe (2000), os modelos são, hoje, os principais veículos para o conhecimento científico.

Modelo é um tema que transita pelas diversas disciplinas que constituem as várias Ciências. É, portanto, um tema transcendente, difícil de ser debatido a partir de uma ótica única ou de um único viés teórico. Além disso, e talvez por causa disso, esta palavra é carregada de múltiplas interpretações em diversos domínios da atividade humana: protótipo, paradigma, réplica, desenho, ilustração, simulação, analogia, ficção etc. A miniatura de um automóvel, de uma ponte ou de uma cidade (maquete), um mapa, uma manequim e um quadro do Abaporu podem ser exemplos de modelos, assim como a representação estrutural em dupla hélice do DNA, as expressões matemáticas, as fórmulas químicas, o pêndulo ideal e o crucifixo.

A literatura especializada em modelos está repleta de tipologias das mais variadas, que tentam dar conta da diversidade encontrada no fazer científico. No entanto, a despeito da polissemia e multiplicidade de utilizações do termo tanto entre os filósofos da ciência, quanto entre os próprios cientistas e professores de ciências, podemos destacar, na atividade científica, pelo menos duas categorias que nos parecem bem definidas: os **modelos científicos**, de natureza ideal ou abstrata, cuja construção e/ou uso se dá, majoritariamente, num contexto científico, e os **modelos que podem ter uso científico**, de natureza concreta ou digital, mas cuja construção e/ou uso podem se dar, em grande escala, também no contexto científico (DUTRA, 2013).

Atualmente, considera-se que os modelos são centrais em muitos contextos científicos, sendo considerados os principais instrumentos da ciência moderna (FRIGG; HARTMANN, 2012; KOPESKY, 2006). Doravante, nos referiremos aos modelos tendo em conta aqueles que são construídos, descritos e/ou aplicados no âmbito das Ciências Naturais, de modo geral, e na Química, em particular.

2.1 Realidade e Realismo

Etimologicamente, o termo **real** deriva do latim *res*, que significa **coisa**, tanto no sentido concreto, quanto no abstrato. **Realidade** é um termo que se refere à totalidade das coisas reais e **realismo** é uma doutrina filosófica sobre a realidade, sendo um dos chavões mais sobrecarregados da filosofia (NIINILUOTO, 1999). Basicamente, a tese do realismo consiste na crença de que há um mundo objetivo para além da consciência humana, ou seja, existe uma realidade fora da mente, que independe de nossa existência, que já estava lá antes de nascermos e continuará lá após morrermos. Ao contrário, o pensamento geral de que as coisas existem em dependência dos nossos estados cognitivos, ou seja, a negação da possibilidade de uma realidade que seja independente da mente é classificada, em geral, de antirrealismo e tem assumido diversas interpretações (idealismo, relativismo, instrumentalismo etc.)¹.

As diversas interpretações sobre o realismo incluem, dentre outras, a noção de realismo ingênuo e a de realismo científico. O realista ingênuo crê que pode acessar diretamente a realidade a partir dos sentidos e que os enunciados sobre o mundo são, de fato, sobre a realidade do mundo. Provavelmente, esta é a forma de realismo mais próxima do senso comum. Uma versão sofisticada é o realismo científico que, em sua versão mais forte, defende que o objeto do conhecimento científico existe independente da mente e que as teorias científicas falam verdades acerca do mundo, sendo a Ciência, portanto, a fonte mais confiável de conhecimento sobre o mundo. Paul Feyerabend (1981, p. 3) apresenta, no início de seus *Philosophical Papers*, uma definição do que ele entendia por realismo científico:

É uma teoria geral do conhecimento científico que supõe, em uma de suas formas, que existe um mundo – independente de nossa capacidade de produção de conhecimento – e que a ciência é o melhor modo de explorá-lo.

Diéguez Lucena (1997) caracteriza o realismo científico em cinco dimensões, a saber: **ontológica** (existência de uma realidade fora da mente); **epistemológica** (acesso ao conhecimento acerca da realidade); **teórica** (valor de verdade das teorias científicas); **semântica** (a correspondência com a realidade como critério de verdade) e **progressiva** (a ciência progride em busca da verdade).

Apesar das várias dimensões propostas, Diéguez Lucena afirma que um realista não precisa se comprometer, necessariamente, com todas elas. Alguém pode ser um realista de

¹ Ilkka Niiniluoto (1999) e Diéguez Lucena (1997) trazem profundas discussões sobre o realismo científico e seus rivais. Para maior inserção nas diversas interpretações realistas e antirrealistas, suas obras são ótimas sugestões.

entidades (ontológico), crendo que as entidades teóricas possuem uma contrapartida real, ou seja, que as teorias falam sobre algo que existe, mas considerar que nem mesmo as nossas melhores teorias são capazes de nos fornecer um conhecimento completo de tais entidades. Tal pessoa caracteriza-se como um realista ontológico, mas antirrealista epistemológico. No entanto, seria complicado alguém propor que as teorias nos permitem conhecimento completo acerca de entidades (realismo epistemológico) sem o compromisso com a existência daquelas entidades (realismo ontológico). Isto é importante para mostrar quão vaga é a determinação de um rótulo de “realista” ou “antirrealista” para os sujeitos (pesquisadores e pesquisados).

Ian Hacking (2012), afirma que o realismo científico é um movimento que aponta para a melhor forma de se pensar acerca das coisas e está mais ligado a um conjunto de atitudes do que de doutrinas. A interpretação de realismo de Hacking aponta para duas categorias de realismo: de entidades e de teorias. Em suas considerações, uma entidade teórica satisfatória deve ser pensada como uma entidade existente, e não apenas como uma ferramenta útil, de forma que temos, aí, boas razões para acreditar que afirmamos coisas a respeito da realidade.

Niiniluoto (1999), ao caracterizar o seu **realismo científico crítico**, apresenta uma visão do realismo que defende, entre outras coisas, que ao menos uma parte da realidade é ontologicamente independente da mente humana e que a verdade sobre esta realidade, embora seja o objetivo principal da ciência, não é facilmente acessível (mesmo as nossas melhores teorias podem falhar em ser verdadeiras). Na visão de Niiniluoto acerca do realismo, a Filosofia da Ciência está imbuída em resolver questões fundamentais de seis disciplinas: **ontologia** (existe uma realidade independente da mente? Que entidades são reais?); **semântica** (a verdade é uma relação objetiva entre a linguagem e o mundo?); **epistemologia** (é possível obter conhecimento do mundo?); **axiologia** (o objetivo da investigação científica é a verdade?); **metodologia** (qual a melhor maneira de se obter conhecimento do mundo?) e **ética** (existe valor moral na realidade). Alguém pode dar respostas afirmativas para uma ou outra questão, e negativa para outras, o que o caracterizaria como realista em um determinado aspecto, mas antirrealista em outro.

Não pretendemos nos comprometer com todas as seis disciplinas apontadas por Niiniluoto, nem com todas as formas de realismo propostas por Diéguez Lucena, mas pretendemos nos posicionar acerca do que consideramos uma assunção mínima do realismo: **ontologicamente**, entendemos que existe uma realidade que independe de nossas atividades cognitivas. No entanto, **epistemologicamente**, compreendemos que o nosso acesso ao

conhecimento acerca desta realidade não é imediato, ao contrário, são vários os canais de mediação entre a realidade e a nossa compreensão.

Partindo, portanto, do princípio de que existe uma realidade, um mundo objetivo exterior à nossa mente, como devemos compreender as ferramentas desenvolvidas pela ciência (teorias e modelos) para acessar o conhecimento desta realidade?

2.2 Teoria, Modelo e Realidade

Na epistemologia da ciência, a noção de modelo sempre esteve atrelada à de teoria e esta tem sido uma agenda de pesquisa muito rica (PORTIDES, 2005), sendo largamente reconhecido o desenvolvimento de duas interpretações (visões) acerca da estrutura e do papel de uma teoria: a **Visão Sintática** (Visão Recebida das Teorias) e a **Visão Semântica** (Visão Modeloteórica). Neste tópico, tecemos algumas considerações acerca das duas visões tradicionais e, em seguida, comentamos acerca do que consideramos uma terceira visão neste sentido: a **Visão Modelomediadora**.

2.2.1 A visão sintática

A **Tradição Sintática** (conhecida como Visão Recebida das Teorias ou, simplesmente, Visão Ortodoxa) se formou a partir de uma posição fiscalista² do positivismo lógico, considerando que as teorias científicas são construídas como suplementos formais de cálculos axiomáticos formulados dentro da lógica matemática. Sendo toda expressão metafísica evitada pelos positivistas, o que não pudesse ser reduzido a termos lógicos a partir de um vocabulário observacional era destituído de significado para o empreendimento científico. Expressões metafísicas poderiam ter significado emocional, porém destituídas de valor de verdade, ou seja, nada afirmavam que pudesse ser verdadeiro ou falso, já que não poderiam ser reduzidas a termos da lógica matemática.

O positivismo lógico – filosofia originada do Círculo de Viena (Rudolph Carnap, Otto Neurath, Moritz Schlick), da Escola de Berlin (Carl Hempel, Richard von Mises, Hans Reichenbach) e seus adeptos – buscava aliar os recursos da lógica simbólica (que experimentava um grande desenvolvimento, graças aos trabalhos de Frege, Cantor e Russel)

² A posição fiscalista exigia que os termos observacionais da teoria deveriam corresponder a objetos físicos. Assim, uma expressão como “verificar a massa da bola” deveria ser reduzida (ou redutível) a outras como: “colocar a bola numa balança”, “verificar o número expresso na balança”, “o número expresso corresponde à massa da bola”. Esta posição se opôs à posição fenomenalista, que exigia uma redução aos dados dos sentidos.

com o empirismo (o conhecimento tem início na observação) e o positivismo (distinção entre ciência e metafísica) a fim de proceder uma análise linguística do conhecimento científico. A tradição sintática é considerada como o coração epistêmico do positivismo lógico (SUPPE, 2000).

Dois aspectos firmaram-se como importantes no desenvolvimento da Tradição Sintática: os **postulados teóricos** e as **regras de correspondência**. O conjunto de postulados teóricos, ou axiomas da teoria, dizem respeito à relação entre os termos teóricos (**descrições** dos fenômenos), enquanto o conjunto de regras de correspondência definiam os termos teóricos, garantiam o significado cognitivo dos termos teóricos e especificavam os procedimentos experimentais admissíveis para aplicar uma teoria aos fenômenos (SUPPE, 1979). Dito de outra forma, as regras de correspondência estipulavam a aplicação da teoria aos fenômenos (por exemplo, a afirmação: a mudança de algo líquido para sólido é o resultado da diminuição da temperatura, permite fazer a ponte entre o fenômeno, solidificação, e o termo teórico, temperatura). Aqui, faz-se necessário lembrar que para os positivistas lógicos os termos teóricos deveriam ser redutíveis a expressões da lógica matemática de primeira ordem. Tais expressões lógicas eram definidas em função das regras de correspondência.

Na interpretação da Tradição Sintática, as teorias são classes de axiomas, enquanto os modelos são vistos como “modelos para uma teoria” (FRENCH; DA COSTA, 2000, p. 117), possuindo um papel acessório, meramente ilustrativo ou elucidativo, mas não são reconhecidos como importantes na construção da teoria. Para os positivistas lógicos, de modo geral os modelos têm um grande valor pedagógico, estético e psicológico, porém pouco valor científico (FRIGG; HARTMANN, 2012). Apesar disso, defensores da tradição sintática, como Ernest Nagel, interessaram-se em discutir noções de modelos a fim de interpretar a estrutura das teorias científicas, indo além da atribuição meramente acessória normalmente destinada aos modelos:

Para os propósitos da análise, será útil distinguir três componentes em uma teoria: (1) um cálculo abstrato que é o esqueleto lógico do sistema explicativo e que “define implicitamente” as noções básicas do sistema; (2) um conjunto de regras que, de fato, atribuem um conteúdo empírico ao cálculo abstrato, relacionando-o com material concreto de observação e experimento; e (3) uma interpretação ou modelo para o cálculo abstrato, que confere alguma carne à estrutura do esqueleto em termos de material conceitualizável ou visualizável mais ou menos conhecido. (NAGEL, 1961 *apud* DUTRA, 2013).

A formulação feita por Nagel acrescenta um terceiro item à já conhecida interpretação das teorias científicas: o item (1) refere-se aos postulados teóricos, (2) às regras

de correspondência e, como uma novidade na abordagem sintática, (3) refere-se aos modelos científicos como um importante componente da teoria, desempenhando três papéis essenciais: a articulação de uma nova teoria, a ampliação do escopo da teoria e a elaboração de sistemas mais amplos de aplicação da teoria. Além disso, Nagel sugere que algumas vezes uma teoria científica não é apresentada a partir de seus postulados teóricos, mas a partir de um modelo, como ocorreu com a teoria atômica de Böhr, mas alerta que a utilização dos modelos pode acarretar dois riscos importantes na atividade científica: Primeiro, o cientista poderia ir tão longe na tarefa de fazer analogias que atribuiria às teorias aspectos que não são essenciais ao modelo empregado; o segundo risco diz respeito à confusão que se poderia fazer entre a teoria e o modelo, não distinguindo clara e adequadamente uma coisa da outra (DUTRA, 2013).

2.2.2 A visão semântica

A **Tradição Semântica** (Visão Semântica das Teorias, ou ainda, Visão Modeloteórica das Teorias) se contrapõe à Tradição Sintática na compreensão da estrutura de uma teoria científica e sua relação com o mundo.

As teorias científicas, na tradição semântica, têm como objeto de estudo uma classe de fenômenos conhecidos como **alcance pretendido** e devem apresentar uma descrição geral de tais fenômenos a fim de responder questões que envolvam uma demanda de **predições e explicações**. As teorias não pretendem que as descrições aborem todos os aspectos do fenômeno, mas deve abstrair dele certos parâmetros (SUPPE, 1979). Desta forma, pode-se dizer que **uma teoria determina uma classe de modelos para dar conta de certos dados, fenômenos ou experiências que correspondem a certos aspectos da realidade** (DIEZ; MOULINES, 1997).

Ao criticar a relação entre os postulados teóricos e as regras de correspondência, próprios da visão sintática, Suppe (1989, p. 65) faz referência ao que entende por um sistema físico e como a ciência lida com tais sistemas:

Uma ciência não lida com os fenômenos em toda a sua complexidade; ao contrário, ela está preocupada com certos tipos de fenômenos apenas na medida em que seu comportamento é determinado por parâmetros que podem ser abstraídos deste fenômeno. Assim, ao caracterizar os corpos em queda, a mecânica clássica está preocupada apenas com aqueles aspectos do comportamento da queda dos corpos que dependem da massa, da velocidade, distância percorrida etc. Cor do objeto e outros tais aspectos do fenômeno são ignorados. No entanto, o processo de abstração dos fenômenos vai mais adiante: não estamos considerando aqui as velocidades atuais, mas a velocidade sob certas condições (ambiente sem atrito e massa pontual, por exemplo). (...) um sistema físico é, portanto, uma réplica fortemente abstrata e idealizada dos fenômenos, caracterizando como os fenômenos se comportariam naquelas condições.

Desta forma, **a tarefa central de uma teoria científica seria descrever, prever e possivelmente explicar** o comportamento dos sistemas físicos que correspondessem ao fenômeno, e não o fenômeno diretamente.

De acordo com a Visão Semântica, o que importa em uma teoria, o que a identifica, é **o que** ela diz quando caracteriza certos traços da realidade, e não **como** diz. Assim, a questão, de fato, torna-se *que modelos determinam uma teoria?*, e não mais *que recursos linguísticos devem ser empregados na teoria?*, como se vê na Tradição Sintática. Neste sentido, os modelos podem ser considerados projeções da teoria sobre traços da realidade que se pretende explicar. Segundo Contessa (2007, p. 8), “dois conjuntos de axiomas são considerados duas formulações da mesma teoria apenas se o mesmo conjunto de modelos satisfaz a ambos”. Disto resulta que “apresentar uma teoria é apresentar uma classe de modelos, não de axiomas” (DÍEZ; MOULINES, 1997, p. 328).

Na visão semântica não se põe em xeque a importância dos enunciados e formulações linguísticas, inclusive para definir uma classe de modelos. No entanto, para os adeptos desta interpretação, a análise filosófica da natureza, estrutura e funcionamento das teorias científicas é mais proveitosa quando feita a partir dos modelos do que a partir dos enunciados, ou dos axiomas. Assim, os modelos seriam instrumentos atrelados à teoria, construídos a partir dela, a fim de fazer as devidas descrições, previsões e explicações dos sistemas físicos que correspondem ao fenômeno.

Para McEwan (2006, p. 1), o *slogan* atualmente utilizado e que pretende capturar o pensamento contido na visão semântica é este: “uma teoria é uma coleção de modelos”. Um problema, no entanto, que surge a partir desta posição (de certa forma, já antecipado por Ernest Nagel) é o seguinte: se as teorias são coleções de modelos, então qual seria a diferença entre teoria e modelo? A falta de uma visão mais clara acerca da diferenciação entre teoria e modelo, talvez pela adesão ingênua a algum aspecto específico da visão semântica, ou mesmo devido a uma interpretação simplória das palavras de Suppe (1989) citadas anteriormente, tem levado muitos pesquisadores a considerar que as teorias são modelos da realidade, como afirmam Nuñez, Neves e Ramalho (2003, p. 1):

A ciência procura explicar a natureza utilizando ‘modelos’ como representações teóricas que constituem sistemas epistêmicos de explicação, ou seja, os próprios conceitos e teorias são modelos, com suas potencialidades e limitações. As teorias e os conceitos, como modelos, são representações da natureza, e não a natureza em si.

Pode-se abstrair da citação acima que, uma vez que as próprias teorias são confundidas com os modelos como se fossem a mesma coisa, existe apenas uma relação diádica entre o modelo e o mundo.

2.2.3 A visão modelomediadora

Atualmente, discute-se uma interpretação **modelomediadora** (MORRISON, 2015; MORGAN; ADÚRIZ-BRAVO *et al.*, 2014; ADÚRIZ-BRAVO, 2012; MORRISON, 1999; SUÁREZ, 1999), que considera a realidade, a teoria e os modelos como distintos entre si. Nesta interpretação, os modelos consistiriam em objetos **semiautônomos**, não sendo necessariamente dependentes, portanto, nem inteiramente da teoria e nem inteiramente dos dados acerca da realidade, definindo-se, portanto, uma relação triádica teoria \rightleftharpoons modelo \rightleftharpoons realidade.

Tal interpretação é distinta das visões sintática e semântica das teorias científicas. A visão sintática considera o próprio mundo como um possível modelo para a teoria, na medida em que esta teoria é um conjunto de axiomas e, implicitamente, define os modelos possíveis para os quais esta teoria é verdadeira. Assim, se o mundo faz parte destes modelos possíveis, então a teoria é verdadeira, se não faz parte, é falsa. Desta forma, o próprio mundo torna-se modelo para a teoria e definir-se-ia apenas a relação diádica teoria \rightleftharpoons mundo. A construção dos modelos, neste caso, reduz-se à determinação de quais especificidades do mundo tornam a teoria verdadeira, reforçando a ideia já concebida de que a totalidade do conhecimento científico sobre o mundo está codificada nas teorias.

A visão semântica, por sua vez, ao considerar que as teorias e os modelos são indistinguíveis (teorias são coleções de modelos), permite apenas a relação diádica modelo \rightleftharpoons mundo.

Conforme já dito, a noção modelomediadora compreende uma relação triádica teoria \rightleftharpoons modelo \rightleftharpoons mundo (SUÁREZ, 1999), essencialmente diferente das noções sintática e semântica. Esta relação triádica da interpretação modelomediadora ampara-se na noção de que os modelos não são totalmente derivados nem das teorias, nem dos dados do fenômeno, senão apenas parcialmente derivados, o que lhes confere certa **autonomia** para atuar como ferramentas epistêmicas para diversas tarefas – entre elas a mediação, a representação e a aprendizagem.

Embora seja comum o pensamento de que os modelos são construídos inteiramente a partir da teoria, ou dos dados empíricos, só poderemos conceber a suas funções epistêmicas se

concebermos, também, que a sua construção pode se dar de modo **parcialmente** independente das teorias, ou dos dados empíricos, além de agregar elementos externos³ a ambos (analogias, metáforas, visões políticas, adequação contextual etc.). Além disso, **quando usamos ou manipulamos um modelo, seu poder como ferramenta epistêmica torna-se aparente: fazemos uso das características de independência parcial, autonomia funcional e poder representacional para aprender alguma coisa com a manipulação. Desta forma, os modelos são considerados tanto um meio quanto uma fonte de conhecimento, o que explica sua grande aplicação e uso extensivo na ciência moderna (MORGAN; MORRISON, 1999).**

A autonomia parcial que Morgan e Morrison atribuem pode ser identificada quando se examina a construção e o uso dos modelos pela comunidade científica a partir de alguns aspectos relevantes: **os modelos podem auxiliar na própria elaboração das teorias**, o que se contrapõe à ideia de que os modelos estariam hierarquicamente abaixo das teorias ou que seriam meros acessórios ilustrativos; **os modelos podem ser utilizados para analisar as consequências das teorias em situações concretas**, uma vez que na construção e no uso dos modelos os cientistas podem recorrer a elementos externos à própria teoria; **os modelos podem ser utilizados como meios de experimentação e/ou como instrumentos de medição**, uma vez que os modelos têm a capacidade de simular uma situação concreta; **os modelos podem ser utilizados como instrumentos de projeto e produção de tecnologias**, uma vez que os modelos contêm informação relevante sobre o mundo e, para além disso, também conhecimentos que não estão nas teorias (DUTRA, 2013).

Acerca da atuação dos modelos como mediadores entre a teoria e os fenômenos, Morrison (2015, p. 119) faz a seguinte consideração:

(...) dois diferentes sentidos de mediação. No primeiro caso, nós modelamos um sistema físico de uma forma particular a fim de perceber como as leis e conceitos de uma teoria podem ser aplicadas com fins de explicação e predição. Neste caso, o ponto de partida é algum sistema físico acerca do qual há insuficiente conhecimento. Então, constroem-se modelos na tentativa de aprender mais acerca de suas características hipotéticas. No segundo caso, o modelo também funciona como uma forma de aplicar a teoria, mas o ponto de partida seria a própria teoria. A fim de aplicar leis altamente idealizadas e abstratas ao fenômeno, primeiro deve-se construir modelos que representem características específicas do sistema em que a teoria será aplicada.

³ Estes elementos externos não são, necessariamente, externos à ciência, como se estivéssemos dizendo que os cientistas buscam informações em pseudociências, mas externos à própria construção teórica, ou aos próprios dados. Por exemplo, modelos construídos para elucidação de uma teoria para a comunidade científica não conterão os mesmos elementos dos modelos construídos para a elucidação da mesma teoria com fins de ensino de Ciências. E mesmo no caso específico da comunidade científica, a visão política dos grupos dominantes certamente estará presente, de alguma forma, na construção do modelo (Boumans, 1999).

A princípio, a citação acima pode parecer confusa, já que Morrison fala de dois sentidos de mediação, mas o modelo, nos dois casos, tem um funcionamento idêntico: aplicação da teoria ao fenômeno. No entanto, percebe-se que a autora faz questão de mostrar onde está a diferença: na construção do modelo. O primeiro caso indica que tal construção tem como referência o próprio fenômeno, ou sistema físico, sobre o qual ainda se conhece pouco. A construção do modelo levará em conta as abstrações e idealizações que serão feitas acerca do sistema físico a fim de explicá-lo à luz da teoria.

Já o segundo caso se aplica muito bem na Química Teórica e detecção de novos Elementos Químicos. Na Química teórica, por exemplo, recorre-se frequentemente aos gráficos das simulações computadorizadas para testar a teoria, bem como para aplicá-la a diversos contextos. O próprio uso das fórmulas químicas para representar as substâncias, ou das equações químicas para representar os processos de transformação também são exemplos de usos de modelos para antecipação de experimentos, uma vez que os cálculos teóricos possíveis a partir das fórmulas e equações químicas substituem as medidas concretas das substâncias envolvidas nas transformações. A construção do modelo, neste caso, tem como referência a própria teoria e o modelo funciona como substituto do próprio sistema físico a que o modelo se refere.

Nos dois casos apresentados, o modelo serve como uma fonte de conhecimento mediado ou porque conhecemos pouco acerca do sistema físico, ou porque as teorias são altamente idealizadas. Se este é o caso, então **o que sabemos, de fato, é como o modelo se comporta em certas circunstâncias (MORRISON, 2015) e não, necessariamente, como o fenômeno ocorre.** Tal verificação implica na consideração de que, então, coexistem dois mundos epistemologicamente distintos: o mundo real, exterior à nossa mente, e o mundo da ciência, fruto das representações científicas acerca daquele mundo real.

2.3 Mundo Real e Mundo da Ciência: Modelos e Representações

Diversos autores nos brindam com suas considerações acerca dos modelos científicos, tentando percorrer a complexidade e polissemia do tema e trazendo interpretações que, vistas de forma conjunta, muito contribuem para a elucidação de uma questão primordial: que tipos de coisas são os modelos?

Abd Murad (2012) compreende que os modelos desempenham um duplo papel: **científico**, funcionando como uma espécie de **paradigma** que orienta a pesquisa científica,

tornando operacionais conceitos científicos e teorias, e **cultural**, servindo de **símbolo** para a comunidade científica que os constroem e difundem para o resto da sociedade.

Frigg e Hartmann (2012), afirmam que os modelos são centrais em muitos contextos científicos e que existe uma variedade de coisas que são comumente referidas como modelos: objetos físicos (conhecidos como modelos materiais), objetos ficcionais, conjuntos de estruturas teóricas, descrições, equações ou uma combinação de cada uma dessas coisas.

Em uma tentativa de formalizar uma definição para os modelos, Chamizo (2010, p. 2) afirma que “os modelos (**m**) são representações baseadas, geralmente, em analogias que se constroem contextualizando certas porções do mundo (**M**) com um objetivo específico”. A partir desta definição, Chamizo classifica os modelos de acordo com três categorias: **analogia**, **contexto** e **porção de mundo**.

- De acordo com as **analogias** que guardam com seus referentes, os modelos podem ser **mentais**, **materiais** ou **matemáticos**. Os modelos mentais são representações construídas por nós para dar conta de elucidar, explicar ou prever uma situação, e são descartáveis quando não são mais necessários; os modelos materiais são os modelos mentais expressos pela linguagem (como a linguagem química), por objetos bidimensionais (mapas) ou tridimensionais (maquetes), ou ainda as cobaias de laboratório; os modelos matemáticos podem ser expressos pela linguagem (como as equações matemáticas), diagramas e gráficos. Além disso, também há casos de modelos duplamente expressados, como as **simulações** e as **animações**, compreendidos como modelos materiais matemáticos.
- De acordo com o **contexto**, os modelos podem ser **científicos** ou **didáticos**, dependendo da comunidade que os utiliza e a finalidade para a qual são empregados. Os modelos científicos são construídos pela comunidade científica e comunicados nos periódicos especializados, estando sujeitos ao desenvolvimento histórico da época em que são desenvolvidos. Os modelos didáticos são simplificações ou adaptações dos modelos científicos, usados nos processos de transposição didática para fins de ensino e de aprendizagem em sala de aula, considerando-se o contexto escolar, o período histórico e político, além da diferença natural entre como o professor compreende/ensina o modelo e como o aprendiz compreende/reproduz.
- De acordo com a **porção de mundo**, o modelo pode representar um objeto, um fenômeno ou um sistema.

Adúriz-Bravo e Ariza (2012) compreendem os modelos científicos como representações teóricas externalizadas e consensuadas do mundo, sendo a modelização uma tarefa crucial no empreendimento científico. Adúriz-Bravo (2012), reconhece que os modelos são **a-partir-de-algo** e **para-algo**, são produtos sociais e culturais, guardam certas analogias em relação ao que se referem e possuem caráter híbrido que lhes permite funcionar como mediadores entre a teoria e o mundo. Segundo o autor,

Os modelos da Química são modelos a partir de algo porque são desenvolvidos com auxílio de ideias teóricas consensuais que indicam aos químicos e às químicas o que representar e o que deixar de lado. Os modelos da Química são para determinadas compreensões e intervenções sobre o mundo sugeridas ou ditadas pela teoria a que eles aderem. Os modelos da Química são analogias dos sistemas que podem ser capturados e condensados em enunciados teóricos muito gerais, abstratos e potentes. Os modelos químicos medeiam para a aplicação das teorias ao mundo das transformações dos materiais. (ADÚRIZ-BRAVO, 2012, p. 8)

Acerca do caráter mediador dos modelos, além de seu papel representacional do mundo ou de certos aspectos do mundo, Morrison faz a seguinte consideração:

(...) um modelo também pode funcionar como mediador em seu papel de "objeto" de investigação. Em outras palavras, o modelo em si, e não o sistema físico, é a coisa que está sendo investigada. Nesse contexto, serve como fonte de conhecimento "mediado", porque nosso conhecimento do sistema físico é limitado ou o sistema é inacessível. Por isso, sabemos apenas como o modelo se comporta em certas circunstâncias. Vários tipos de modelos cosmológicos ou modelos astrofísicos são exemplos desse tipo. (MORRISON, 2015, p. 120).

Resumindo as palavras de Morrison, entendemos que **o que sabemos, de fato, é como o modelo se comporta em certas circunstâncias e não necessariamente como o fenômeno ocorre**, o que parece estar de acordo com a posição de Del Re, quando diferencia o mundo físico, de acordo com a ciência, e o mundo real:

(...) o mundo físico, de acordo com a ciência, não é o mundo real; é um mundo que corresponde fielmente às características da realidade que a ciência pode estudar, mas carece dos detalhes variáveis que tornam nossa experiência da realidade única; é um mundo em que todas as superfícies são perfeitamente lisas, todos os cavalos são idênticos entre si, todos os recipientes de benzeno puro contêm apenas moléculas de benzeno, e assim por diante. Aparentemente, a ciência trabalha com 'um mundo de tipos-sombras', uma cópia do mundo das experiências sensíveis em que apenas objetos padrões (tipos) são admitidos e são como sombras dos objetos individuais ou seres que eles representam. (DEL RE, 2000, p. 10).

Ainda nesta linha, abordando o papel da experimentação para a percepção da realidade Química, Laszlo (1998, *apud* LEMES; PORTO, 2013, p. 127) afirma que:

Na análise espectral não estamos lidando com um acoplamento arbitrário entre o signo e o que está sendo representado. Ao contrário, existe uma base intrínseca para tal associação, ambos empíricos e necessários: um pico dado, a uma certa frequência e de certa forma, no espectro de RMN de etanol, significa metila, não porque eu quero que seja assim, mas porque é realmente assim. O único aspecto arbitrário, aqui, é a denominação do termo "metila" para este grupo de átomos, CH₃.

Os instrumentos experimentais aumentaram significativamente a sensibilidade das medições, estabelecendo uma realidade idealizada (entidades submicroscópicas) em substituição à realidade das percepções sensíveis (cor, textura etc.). Segundo Lemes e Porto (2013), Laszlo considera o registro do espectro como a única realidade. Neste caso, a fim de pensarmos acerca de uma ontologia possível para os modelos científicos, faz-se mister que reflitamos acerca deste distanciamento apresentado entre o real, de fato, e o real científico.

Aqui, mais uma vez, **afirmamos o nosso compromisso com uma tese forte do realismo ontológico, que admite a existência de um mundo exterior à mente (mundo real) independente de nossa cognição, porém com uma tese branda do realismo epistemológico, compreendendo que nosso acesso a este mundo real não é direto, mas mediado.** Sendo assim, compreendemos que nossas racionalizações acerca das coisas que referimos ao mundo real são, de fato, representações.

Dito desta forma, embora admitamos a existência das entidades propostas pela ciência (átomos, elétrons, campos, ondas, íons), o nosso conhecimento acerca daquelas entidades é limitado pela nossa capacidade de representação ou, ainda, pela utilidade da própria representação. Afinal de contas, considerar os elétrons como partículas ou como ondas, pelo menos até os dias atuais, ainda é uma questão de aplicabilidade; e a utilização de modelos atômicos superados, como o de Dalton (considerando os átomos como esferas), vai depender do que se pretende explicar e do nível de maturidade da plateia.

Desta forma, concordamos com Albarracín (2012), quando afirma que o conhecimento científico é uma **representação** (ou seria melhor dizer **o resultado de uma representação?**), não é a realidade, nem se assemelha a ela, mas a representa.

“Os seres humanos são seres que representam” (HACKING, 2012, p. 214). Assim dito, entendemos que a representação é uma atitude inerente às pessoas. Para o filósofo, representações são semelhanças, mesmo quando ainda não se pode dizer exatamente a que são semelhantes e, além disso, “as representações não servem para nos dizer como as coisas realmente são” (idem, p. 221). Acerca da relação entre as representações e a realidade, Ian Hacking afirma:

“a semelhança é anterior ao ser semelhante a algo em particular, assim como a representação é anterior ao ‘real’. Primeiro se dá a representação, e somente muito mais tarde criamos os conceitos em termos dos quais viremos a descrever os sentidos das similaridades” (idem, p. 222).

Há, nesta discussão empreendida por Hacking, um elemento importante para a nossa compreensão: o filósofo entende que mesmo já existindo uma realidade fora da mente do

sujeito, o tomar consciência desta realidade só acontece depois que o sujeito elabora suas representações. Dito desta forma, podemos compreender a representação, no sentido atribuído por Hacking, com um elemento mediador entre a realidade como concebemos e a realidade exterior à mente, ou ainda, entre uma **realidade construída** e a **realidade real**. Se este é o caso, e as representações de modo geral possuem este atributo mediador, como conceber a atividade científica?

A representação científica vem se constituindo uma agenda de pesquisa da Filosofia da Ciência apenas a partir do século XX, apesar de haver uma longa história, na própria filosofia, acerca das discussões entre o que se entende por natureza e as representações entre os conceitos e seus objetos (BOESCH, 2015), e hoje é um dos temas principais na recente discussão acerca dos modelos (BAILER-JONES, 2009; KNUUTTILA, 2004).

O caráter representacional dos modelos tem sido discutido por vários filósofos da ciência, como Mary Hesse (1966), Nancy Cartwright (1983), Bas van Fraassen (1980; 2008), Ronald Giere (1988; 2004; 2010), Morgan e Morrison (1999), Mauricio Suarez (1999; 2003; 2010; 2015), Tarja Knuuttila (2004; 2011), Gabriele Contessa (2007), Daniela Bailer-Jones (2009), Adam Toon (2012) etc. Entre as formas de representação apresentadas pelos autores, incluem-se as ideias de simulacro, isomorfismo/homomorfismo, similaridade, analogia, explicação inferencial, dentre outras. De fato, não há na literatura um reconhecimento de superioridade de alguma dessas ideias sobre as outras e, obviamente, dadas as variadas formas de se modelar os fenômenos, dificilmente se poderá determinar uma concepção universal de como os modelos representam na ciência, de forma que extrapolaria o escopo do nosso trabalho tentar descrever, ou mesmo explicar, como ocorre o processo de representação em todas as suas nuances. Ao invés disso, pretendemos compreender aqui o que está envolvido no processo.

É comum encontrar na literatura uma definição de modelo que o coloca como uma representação. No entanto, se tomarmos a **representação como um processo** em que o representante, em certo contexto, toma o lugar do representado com uma determinada finalidade (AUMONT, 1993, *apud* GAMBARATO, 2005), então o representante não necessariamente precisa ser igual ao representado, nem apresentar similaridade de comportamento, mas ser um substituto à altura do representado, ou seja, que o representante atinja o mesmo objetivo que seria atingido com o representado (DUTRA, 2013). Levando em conta que os modelos gozam de certa autonomia tanto em relação à teoria, quanto aos dados do fenômeno, acreditamos que seria mais adequado, então, dizer que **o modelo pode atuar**

como um representante e não como a própria representação⁴ (MORGAN; MORRISON, 1999).

Dito desta forma, podemos compreender os modelos no sentido que Morgan e Morrison atribuem, ou seja, cumprindo uma tripla função: (1) os modelos podem representar a teoria ou os fenômenos (modelos podem ser usados para explorar a teoria, para explorar áreas para as quais ainda não há teoria, ou mesmo para serem, eles mesmos, instrumentos de experimentação, ou substitutos dos fenômenos) e, assim, funcionam como instrumentos de pesquisa; (2) os modelos podem ser, eles mesmos, instrumentos de medida e não apenas os meios para apresentar ou estruturar as medidas; (3) modelos podem ser utilizados para desenhar e criar tecnologias.

Para Knuuttila (2004), na prática científica, a representação é apenas uma das maneiras como os modelos são utilizados, o que leva o filósofo a considerar que se tem dado atenção excessiva à representação, em detrimento dos outros papéis epistêmicos que o modelo pode desempenhar como, por exemplo, ser ele próprio um instrumento de investigação e de experimentação.

Esta visão, pelo menos em parte, é compartilhada por Morgan e Morrison (1999), quando consideram que os modelos possuem uma autonomia ao menos parcial das teorias e dos fenômenos. Tal autonomia, para as autoras, permitiria um uso dos modelos não apenas como mediadores entre as teorias e os fenômenos, mas também como instrumentos de medição, experimentação e investigação, funcionando não apenas como veículos, mas também como fontes de conhecimento, podendo substituir tanto as teorias, quanto os fenômenos.

Embora entendamos que os modelos possuem um papel epistêmico que vai além do representacional, concordamos que os modelos podem ser mais bem compreendidos como agentes epistêmicos quando reconhecemos neles uma autonomia parcial (MORGAN; MORRISON, 1999) e, assim, os utilizamos como fontes de aprendizagem acerca dos fenômenos ou das teorias. O acesso a esta aprendizagem, no entanto, se manifesta à medida que atribuímos aos modelos um caráter representacional tanto no momento de sua construção quanto do seu uso (GIERE, 2004). Além disso, afirma Contessa (2007, p. 13):

⁴ Importante salientar que estamos tomando aqui a ideia de representação como um processo que envolve, pelo menos, duas partes: o representante e o representado (mais adiante apresentamos a ideia de Ronald Giere, para quem o processo representacional envolve quatro partes). É neste sentido que deve ser considerada a ideia de que o modelo é um representante, e não a própria representação. No entanto, compreendemos que existem outras interpretações para a palavra representação e que poderiam justificar o que é dito de forma tão propagada: modelos são representações.

Se os modelos científicos desempenham o papel crucial na ciência e se relacionam com o mundo, representando aspectos ou partes dele, como a maioria dos filósofos da ciência hoje parecem acreditar, então a compreensão de como os modelos representam aspectos ou partes do mundo é fundamental para a compreensão de como ciência opera.

Para Morgan e Morrison (1999), o tipo de representação que normalmente se atribui aos modelos tem mais a ver com a ideia de **versão**, ou **interpretação** do que **espelhamento**. O modelo, como um representante do sistema, ou da teoria, é tomado como uma versão **idealizada** ou **abstrata** do representado.

Idealização e abstração são termos bastante confusos na literatura e diversos autores têm se debruçado na elucidação e diferenciação dos termos. Para Jones (2005), por exemplo, a idealização envolve uma distorção deliberada do sistema, enquanto a abstração envolve uma supressão de certos aspectos que não seriam importantes para determinados casos. Idealizar ou abstrair, neste sentido, dependeria do objetivo da representação, bem como do objeto ou fenômeno a ser representado.

Modelos científicos podem ser abstratos mesmo quando se referem a coisas concretas, por exemplo, a análise do comportamento dos gases ideais a partir de um modelo conhecido como bola de bilhar. Intuitivamente, o sistema a que se refere o modelo pode ser “visualizado” como sendo um conjunto de bolas de bilhar sobre uma mesa de bilhar. No entanto, o que realmente é levado em conta na construção do modelo não são as bolas “reais”, que não são perfeitamente esféricas, nem os choques “reais”, que não são perfeitamente elásticos, mas as abstrações deste sistema, onde esferas perfeitas colidem umas com as outras, e com as paredes do recipiente, e essas colisões são perfeitamente elásticas. Apesar do uso intuitivo de sistemas concretos, o que importa na construção do modelo científico deste tipo são as abstrações.

De modo geral, os realistas defendem que se uma teoria é bem-sucedida, ou seja, se ela é madura e tem propiciado uma agenda profícua de pesquisa, então esta teoria afirma verdades (pelo menos, aproximadas) acerca do mundo. O mundo, portanto, funcionaria de forma aproximadamente igual ao que dizem as teorias. Um modelo, nesta concepção realista, é um **representante** de algo que existe (o modelo atômico, por exemplo, é constituído por representantes de entes reais: átomo, prótons, nêutrons, elétrons, neutrinos etc.). Nesta linha de pensamento, Tomasi (1999, p. 93) contribui afirmando que:

As moléculas começaram com o status de modelos simbólicos não matemáticos abstratos, depois alcançaram o status de modelos icônicos, para eventualmente saltar do mundo dos modelos para os objetos reais. Uma estrutura de bola-e-vareta não pode ser considerada como um modelo de modelo, mas agora é um modelo icônico de um referente real.

Esta posição mais ou menos realista foi encontrada por Bailer-Jones (2009), ao entrevistar cientistas em exercício. Segundo a autora, houve uma compreensão distinta acerca da relação entre os modelos e a realidade, desde um realismo mais forte (os modelos falam da realidade) até um realismo mais brando (os modelos são aproximações imperfeitas da realidade). No entanto, este poder representacional não é inerente ao próprio modelo, e sim atribuído pelo cientista (ou comunidade científica) quando constrói ou usa um modelo com uma finalidade.

Numa abordagem pragmática, o papel representacional dos modelos depende do uso a que ele se destina, ou ainda, do papel a ele atribuído, o que pode conferir aos modelos científicos diferentes propósitos, dentre eles, funcionar como um mediador entre teoria e realidade (ou partes da realidade). O processo de representação, no entanto, pode ocorrer num sentido de similaridade, que pode variar em diferentes graus de abstração ou de idealização, mas não como um espelhamento, como se o modelo fosse uma imagem espectral do fenômeno e idêntico a ele (GIERE, 2004). Considerando desta forma, a similaridade entre o representante e o seu representado não é concreta, nem necessariamente visível, mas abstraída ou idealizada por quem constrói ou utiliza o modelo, a partir das características que o representado possui e que serão importantes para um determinado propósito.

Note que eu não estou dizendo que o próprio modelo representa um aspecto do mundo porque é semelhante a esse aspecto. Não há nenhuma relação de representação. Qualquer coisa é semelhante a qualquer outra coisa em inúmeros aspectos, mas não significa que representa algo mais. Não é o modelo que está a fazer a representação, mas o cientista, utilizando o modelo, que está fazendo com que o modelo represente. (GIERE, 2004, p. 747).

Normalmente, quando se pensa no processo de representação, leva-se em conta uma relação entre apenas dois elementos: o representante e o representado, tanto que a definição mais usual de modelo é a que informa que ele é uma representação do fenômeno (ou de partes do fenômeno). No entanto, a noção de representação por similaridade defendida por Giere leva em conta que existem mais coisas do que simplesmente o modelo e o fenômeno.

De fato, a proposta de Giere considera a existência de quatro elementos envolvidos no processo de representação e assume a seguinte forma geral: **S usa X para representar W com um propósito P** (GIERE, 2004), onde S supõe um indivíduo ou uma comunidade científica, X é qualquer objeto representacional, W é algum aspecto do mundo e P são os objetivos da atividade representacional. Em termos comuns à Química, pode-se construir a seguinte frase a partir da formulação de Giere: uma comunidade de químicos utiliza a equação química $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ para representar o fenômeno reversível da síntese da

amônia com o propósito de determinar as relações estequiométricas entre as substâncias participantes. No entanto, este mesmo modelo não nos permitiria uma determinação direta das propriedades físico-químicas das mesmas substâncias.

Tomando a interpretação modelomediadora, Morgan e Morrison afirmam que nós podemos aprender algo sobre os sistemas concretos ou sobre as teorias a partir dos modelos devido às suas características representacionais, já que são construídos levando-se em conta uma combinação de diversos elementos, alguns vindos da teoria, outros vindos dos dados empíricos ou dos fenômenos, e outros ainda que não derivam de nenhuma das duas fontes, sendo exatamente este último fator que confere aos modelos o seu caráter de parcial autonomia. Os modelos podem atuar como representantes das teorias, dos fenômenos, como instrumentos representacionais que medeiam entre o fenômeno e a teoria, ou como instrumentos de medida e investigação.

Se é o fato que o caráter representacional de um modelo é atribuído a ele, e não inerente, como fazendo parte necessária de sua natureza, e se é também o fato que a representação é apenas uma das diversas funções para as quais um modelo é construído e utilizado, então, ontologicamente falando, um modelo não poderia ser uma representação e nos negamos, aqui, a fazer coro com a definição mais tradicional de modelo. **Sendo assim, consideramos que um modelo científico, nesta perspectiva, é um artefato (KNUUTTILA, 2011), cuja natureza pode ser concreta (ou material), abstrata ou idealizada (portanto, multiforme), construído e utilizado com o objetivo de contribuir para a produção de certo tipo de conhecimento. A construção destes modelos pode ser feita a partir das teorias e leis científicas, mas também pode tomar como referência o próprio fenômeno. O caráter representacional pode ser atribuído ao modelo tanto no momento de sua construção, quanto do seu uso, não sendo, portanto, inerente a ele.**

Ao afirmar que os modelos científicos são artefatos construídos para produzir conhecimento, assumimos **três posicionamentos**: Em primeiro lugar, **os artefatos são objetos culturais** e, assim, sujeitos à validação social em um determinado tempo e lugar. No caso dos modelos científicos, a validação se dá por meio do reconhecimento da comunidade científica.

Em segundo lugar, **o fato de terem sido construídos denota uma intencionalidade de quem constrói os modelos**, fazendo emergir a ideia de que eles não são a própria realidade, mas algo que se pretende que nos fale acerca dela, pelo menos de alguns de seus aspectos. Segundo Bailer-Jones (2009), quando se diz que o modelo representa algo, se quer dizer qual fenômeno (ou que aspectos deste fenômeno) é objeto do modelo. Em terceiro lugar,

adotando o princípio de que o próprio conhecimento é o resultado das representações, então **a utilização dos modelos como veículos para o conhecimento os coloca no mesmo nível das representações**, embora nem todo processo representacional possa ser considerado como modelagem e nem todo modelo represente da mesma forma (ALBARRACÍN, 2012; BAILER-JONES, 2009).

Diante deste quadro, como pensar os modelos científicos num contexto de sala de aula? Esta discussão está presente na formação inicial dos professores de Química?

3

OS MODELOS E O ENSINO DE QUÍMICA

A Química é uma ciência de natureza fortemente experimental e os químicos normalmente adotam uma postura pragmática em relação à sua atividade: medem-se quantidades, testam-se amostras, misturam-se soluções, analisam-se os reagentes e produtos, tabulam-se os dados, divulgam-se os resultados. Tal postura profissional, embora resulte no desenvolvimento de uma ciência extremamente profícua e indiscutivelmente importante para a sociedade, parece ter contribuído para o isolamento de uma grande quantidade de químicos das discussões filosóficas que atingem a própria ciência em que trabalham e que permitiriam importantes reflexões sobre sua prática e postura (ERDURAN; MUGALOGLU, 2013). De fato, a reflexão sobre a própria prática, ou mesmo sobre os fundamentos de sua atividade não parece ser de grande atração entre os profissionais da Química, visto que embora seja uma área de pesquisa extremamente rica em publicações e profissionais, ainda caminha devagar no que diz respeito ao desenvolvimento de uma filosofia própria, que problematize os status ontológico, epistemológico, metodológico ou ético das atividades profissionais.

A Filosofia da Química, como agenda de pesquisa independente da Filosofia da Física (que praticamente dominou a chamada Filosofia da Ciência), começou a ser reconhecida apenas na década de 1990 e é divulgada em dois periódicos internacionais de grande impacto: *Hyle – An International Journal for Philosophy of Chemistry* (com início em 1995) e *Foundations of Chemistry* (com início em 1999, ano em que foi criada a ISPC – *International Society for the Philosophy of Chemistry*). Isso pode explicar um dos motivos pelos quais ainda são poucos os profissionais da Química – incluindo, aí, os professores universitários, especialmente os que atuam na formação inicial de professores – que têm se interessado pelas questões filosóficas que permeiam tanto a ciência Química quanto o seu ensino.

O afastamento das discussões filosóficas tem levado os químicos a negligenciarem uma característica importante desta Ciência: o conhecimento químico apoia-se na construção, descrição e aplicação de modelos (atômicos, moleculares, comportamentais dos gases, dos sólidos, cinéticos, termodinâmicos, de reações etc.). A atividade do químico consiste, basicamente, em construir, descrever e aplicar modelos para a resolução dos problemas de sua prática, e o ensino de Química tem sido um desfile de aproximações dos vários modelos construídos, mas sem as devidas considerações aos seus processos e/ou contextos de construção.

Segundo Hodson (1992), existem três objetivos para a educação científica: aprender ciência, aprender acerca da ciência e aprender a fazer ciência. Para Justi e Gilbert (2003), todos esses objetivos envolvem o conhecimento, desenvolvimento e uso de modelos:

(1) para aprender ciência, os(as) estudantes devem conhecer as naturezas, os alcances e as limitações dos modelos científicos; (2) para aprender acerca da ciência, os(as) estudantes devem ser capazes de criticar o papel dos modelos na confirmação e divulgação dos resultados científicos; (3) para aprender a fazer ciência, os(as) estudantes devem ser capazes de criar, expor e testar seus próprios modelos. (JUSTI; GILBERT 2003, p. 1369)

Considerando as afirmações de Justi e Gilbert, pelo menos duas indagações tornam-se pertinentes: como os modelos têm sido abordados na formação inicial dos futuros professores? O que a literatura nos informa acerca da relação entre os modelos, a Química e o ensino de Química?

3.1 Uma Epistemologia para a Formação Inicial

Até 1973, a comunidade internacional não reconhecia a **formação de professores** como uma agenda de pesquisa. O marco fundamental para tal reconhecimento foi a publicação do *Handbook of Research on Teaching*, de autoria de Robert F. Peck e James A. Tucker. Uma nova revisão de literatura, desta vez datada de 1986, de autoria de Judith Lanier e Judith Little, também intitulada *Handbook of Research on Teaching*, marcou a consolidação deste tema como agenda de pesquisa. No Brasil, as pesquisas desenvolvidas nesta temática, que geralmente compreendiam um estado da arte, ou revisão de literatura, datam a partir dos primeiros anos da década de 1980. Durante a década de 1990, estudantes de cursos de pós-graduação passaram a se interessar fortemente por esta agenda de pesquisa, considerando análises de depoimentos e histórias de vida e formação de professores (PEREIRA, 2013).

Os cursos de Formação de Professores, de modo geral, seguem um modelo iniciado na década de 1930, conhecido como **3+1**, em que à formação do bacharel, com disciplinas específicas ao longo dos primeiros 3 anos de curso, era adicionado 1 ano de curso com disciplinas de cunho pedagógico (GATTI, 2010). Este modelo é denominado na literatura como **da racionalidade técnica**, em que o futuro professor deve aprender a aplicar, com rigor, as regras oriundas do conhecimento científico e do pedagógico (PEREIRA, 1999). Tal modelo de formação seria análogo a um **curso de preparação de nadadores** criado por Jacques Busquet, em 1974:

Imagine uma escola de natação que se dedica um ano a ensinar anatomia e fisiologia da natação, psicologia do nadador, química da água e formação dos oceanos, custos unitários das piscinas por usuário, sociologia da natação (natação e classes sociais), antropologia da natação (o homem e a água) e, ainda, a história mundial da natação, dos egípcios aos nossos dias. Tudo isso, evidentemente, à base de cursos enciclopédicos, muitos livros, além de giz e quadro-negro, porém sem água. Em uma segunda etapa, os alunos-nadadores seriam levados a observar, durante outros vários meses, nadadores experientes; depois dessa sólida preparação, seriam

lançados ao mar, em águas bem profundas, em um dia de temporal. (PEREIRA, 1999, p. 112)

Certamente, os aprendizes formados em tal modelo nadariam mal (se, pelo menos, conseguissem nadar). Analogamente, os professores formados apenas dentro de uma racionalidade técnica, e sem a dimensão prática em sua formação, ensinariam mal suas disciplinas.

Direcionando o foco à formação de professores de Química, o modelo da racionalidade técnica (COSTA, 2017; CORRÊA, 2015; DINIZ-PEREIRA, 2014; LÔBO, 2004), embora muito questionado, parece não estar completamente superado, sendo comum sua adoção, mesmo que de forma irrefletida, em cursos atuais de Licenciatura nas diversas Universidades brasileiras (COSTA, 2017; CORRÊA, 2015; GATTI, 2010). Isso significa que o futuro professor ainda se depara com uma formação técnica específica do conteúdo dissociada da formação pedagógica. Infelizmente, embora o curso seja de formação de professores, o dia-a-dia mostra que as aulas teriam mais a ver com um curso de Bacharelado do que com a Licenciatura: há uma ênfase no produto em detrimento do processo de produção do conhecimento, utilização das experimentações para comprovação de teorias e meras verificações de modelos, avaliações em que se cobram a memorização de explicações, cálculos matemáticos, classificações e nomenclaturas e pouco (ou nenhum) contato com a experiência do ensino dentro das aulas específicas de Química. Para Maldaner (2003), em muitas universidades os professores da área dura da Química entregavam o papel da formação pedagógica aos professores externos aos cursos de Química, que embora entendam sobre as discussões pedagógicas gerais, carecem de vivência e compreensão nas questões específicas do ensino de Química nos diferentes níveis. Ainda, segundo o autor:

A prática atual de formação inicial mais frequente de professores, isto é, a separação da formação profissional específica da formação em conteúdos, cria uma sensação de vazio de saber na mente do professor, pois é diferente saber os conteúdos de Química, por exemplo, em um contexto de Química, de sabê-los, em um contexto de mediação pedagógica dentro do conhecimento químico. (...) A compreensão de seu papel de professor está no nível da formação “ambiental”, dentro do “senso comum” da profissão docente e da tarefa de ensinar e educar. Não houve em sua formação profissional a mediação do conhecimento pedagógico já produzido nas pesquisas educacionais. (MALDANER, 2003, p. 45)

Em algumas Universidades, no entanto, há de se registrar que o currículo de formação do professor tem sofrido modificações, com a inclusão de disciplinas como História da Ciência, Instrumentação para o Ensino de Química, Epistemologia da Ciência e outras de cunho filosófico ou pedagógico, no sentido de promover uma maior reflexão e postura mais crítica do licenciando (ZANON; ECHEVERRÍA, 2010), porém a quantidade de professores

que aderem a estas reflexões é pequena em relação àqueles que preferem se manter na mesma condição e que não veem qualquer contribuição para o seu trabalho. Também merece destaque o esforço de alguns professores e professoras de Química, envolvidos(as) nas discussões acerca da história, filosofia, sociologia, didática e ensino de Ciências em lecionar disciplinas tais como Prática de Ensino e Estágio Supervisionado. Tal esforço também contribui significativamente para tornar a vivência dos(as) estudantes nos cursos de Licenciatura em Química mais significativa.

Além disso, os documentos oficiais instituem uma mudança importante à formação de professores ao deixar clara a sua diferença para um curso de bacharelado. O art. 12, da Resolução CNE/CP⁵ n. 1, de 18 de fevereiro de 2002, apresenta uma concepção transformadora da relação entre as disciplinas específicas e a dimensão prática da formação profissional:

Art. 12. Os cursos de formação de professores em nível superior terão a sua duração definida pelo Conselho Pleno, em parecer e resolução específica sobre sua carga horária.

§ 1º A prática, na matriz curricular, não poderá ficar reduzida a um espaço isolado, que a restrinja ao estágio, desarticulado do restante do curso.

§ 2º A prática deverá estar presente desde o início do curso e permear toda a formação do professor.

§ 3º No interior das áreas ou das disciplinas que constituírem os componentes curriculares de formação, e não apenas nas disciplinas pedagógicas, todas terão a sua dimensão prática.

A despeito dos avanços propostos pela Resolução de 2002, Bernardete Gatti afirma que:

Em 2002, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores são promulgadas e, nos anos subsequentes, as Diretrizes Curriculares para cada curso de licenciatura passam a ser aprovadas pelo Conselho Nacional de Educação. Mesmo com ajustes parciais em razão das novas diretrizes, verifica-se nas licenciaturas dos professores especialistas a prevalência da histórica ideia de oferecimento de formação com foco na área disciplinar específica, com pequeno espaço para a formação pedagógica. Adentramos o século XXI em uma condição de formação de professores nas áreas disciplinares em que, mesmo com as orientações mais integradoras quanto à relação “formação disciplinar/formação para a docência”, na prática ainda se verifica a prevalência do modelo consagrado no início do século XX para essas licenciaturas. (GATTI, 2010, p. 1357)

Considerando a resolução de 2002 e a colocação de Gatti, entendemos que **uma transformação não apenas curricular, não apenas de inclusão ou exclusão de disciplinas, mas fundamentalmente da mentalidade do professor formador é necessária** (CORRÊA, 2015). As disciplinas específicas do curso de Licenciatura devem ser ensinadas levando-se em conta o futuro profissional que está sentado nas carteiras universitárias. Os professores

⁵ Conselho Nacional de Educação / Conselho Pleno.

precisam discutir o ensino e a aprendizagem em suas aulas, não apenas a memorização e utilização de conceitos, fórmulas e classificações. Maldaner (2003, p. 394) contribui para este debate com uma importante colocação:

O professor universitário, profissional de sua área de saber, é também educador na formação de novos químicos e, principalmente, na formação de novos professores de Química. O núcleo de pesquisa em educação poderia constituir-se em espaço de formação específica dos docentes universitários ao trazer para mais próximo dos cursos os avanços pedagógicos produzidos e voltar-se, também, para o ensino praticado dentro do próprio curso de Química, além de preocupar-se com o ensino de química que está acontecendo nas escolas. Participariam do núcleo especialistas nas ciências da educação química, professores universitários de química e alunos das licenciaturas.

Uma vez que a prática pedagógica do professor de Química requer deste profissional o uso constante de modelos, bem como o trânsito entre os seus variados tipos, e tomando como base o que requer o documento oficial e as críticas à formação inicial publicadas pelos pesquisadores, emerge uma questão ligada diretamente ao ensino da Química: Que saberes/conhecimentos acerca dos modelos os(as) estudantes da Licenciatura em Química estão mobilizando em sua formação inicial?

3.1.1 Os saberes e a formação inicial dos professores de química

Discussões acerca dos **saberes** para a docência têm constituído uma agenda de pesquisa muito importante nos últimos 30 anos (FERNANDEZ, 2015; JESUS, 2011; MOTA, 2005), permitindo investigações e reflexões acerca do trabalho docente, seja na perspectiva etnometodológica, fenomenológica ou teórico-crítica, abordando, entre outros objetos, a história de vida e formação de professores e professoras, seu papel mediador em sala de aula e a profissionalização do trabalho docente.

Conhecimento, por sua vez, embora seja tratado pelo senso comum – e por alguns pesquisadores – como um sinônimo do saber, possui uma carga teórica diferente da que fundamenta as pesquisas sobre saberes. Nas palavras de Geraldi (2003, *apud* FERNANDEZ, 2015, p. 503), “enquanto o saber é produto das práticas sociais, o conhecimento é a organização deste produto das práticas sociais de forma sistemática, racional, na atividade científica”. Por outro lado, o saber docente nasce da relação entre o conhecimento e a realidade do contexto pedagógico. O saber docente é a tradução dos conhecimentos no contexto da ação educativa com todas as especificidades que envolvem a nossa profissão (MOTA, 2005). Embora diferentes, saber e conhecimento carregam uma importante dialogia,

como mostraram Geraldi e Mota. Tanto o conhecimento, quanto o saber são importantes, necessários e válidos para dar conta do trabalho docente.

Quando questionados sobre os saberes ou conhecimentos relevantes aos professores de Ciências do Ensino Básico para um exercício satisfatório da docência, professores em exercício e em formação apresentam respostas que, comparadas com o que as pesquisas têm apresentado, revelam-se distantes ou, na fala de alguns pesquisadores, empobrecidas (JESUS, 2011; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2006). Um dos vários motivos possíveis para tal empobrecimento é o distanciamento dos professores e dos licenciandos das pesquisas que discutem o fazer docente (JESUS, 2011), que abordam questões de natureza filosófica ligadas ao ensino de Ciências e que procuram fazer dialogar os discursos pedagógicos com os científicos e de outras áreas do conhecimento (psicologia, sociologia, antropologia, dentre outras).

Outro possível motivo pode ser encontrado na prática pedagógica de professores formadores: se os professores que lecionam as disciplinas específicas do curso de Licenciatura em Química estiverem preocupados unicamente em **transmitir** seus conteúdos, dando aos licenciandos uma base sólida de sua disciplina, porém sem uma discussão acerca do ensino (ou dos problemas encontrados no ensino) daqueles conteúdos, certamente os(as) estudantes desenvolverão um bom **conhecimento do conteúdo** (leis, classificações, cálculos, modelos, teorias e experimentações), mas não possuirão, necessariamente, um bom **conhecimento do conteúdo com fins de ensino** (como ensinar este conteúdo? Quais as dificuldades mais comuns para o ensino e a aprendizagem deste conteúdo que a literatura aponta?). Em outras palavras, numa ficção muito parecida com a realidade, o estudante da Licenciatura em Química matricula-se em uma disciplina que aborda sobre Modelos Atômicos, Estrutura do Átomo, Ligações Químicas e Propriedades da Matéria, resolve exercícios, avaliações, apresenta Seminários e conclui a disciplina, mas em nenhum momento foi-lhe dada a oportunidade de discutir como tais conteúdos são apresentados no nível médio (alvo de sua formação), nem os problemas de ensino e de aprendizagem que as pesquisas apontam acerca daqueles conteúdos. Como resultado desta formação, o futuro professor provavelmente entenderá bastante da base científica, terá à sua disposição alguns artifícios pedagógicos aprendidos de forma estanque em alguns momentos do curso, mas nenhum contato com discussões específicas sobre o ensino de sua disciplina.

Qual a diferença entre conhecer a matéria (ou o conteúdo) e conhece-la para fins de ensino? Acreditamos que a resposta a esta pergunta é o que deve diferenciar, por exemplo, o cientista do professor, o especialista naquele conteúdo (que participa ativamente do seu

desenvolvimento na ciência de referência), daquela pessoa que se dedica a ensinar aquele conteúdo a outras pessoas para quem, muitas vezes, é absolutamente desconhecido. Neste sentido, a competência pedagógica do professor formador dependerá de sua capacidade para fazer uma transformação do conteúdo específico, que leve em consideração também as dificuldades de aprendizagem daquele conteúdo levantadas pelas pesquisas, as avaliações, o currículo, o contexto em que aquele conteúdo será ensinado, além da própria dinâmica da sala de aula. Contribuindo para este debate, Talanquer (2004, p. 61) afirma que:

Esta recriação do conteúdo demanda, entre outras coisas, que o docente: identifique as ideias, conceitos e perguntas centrais associados a um tema; reconheça as prováveis dificuldades conceituais que enfrentarão seus alunos e seu impacto na aprendizagem; identifique perguntas, problemas ou atividades que levem o estudante a reconhecer e questionar suas ideias prévias; selecione experimentos, problemas ou projetos que permitam que os(as) estudantes explorem conceitos e ideias centrais na disciplina; construa explicações, analogias ou metáforas que facilitem a compreensão de conceitos abstratos; desenhe atividades de avaliação que permitam a aplicação do que foi aprendido na resolução de problemas em contextos realistas e variados.

Sem dúvida, diante do exposto, não deve ser uma tarefa simples fazer a transformação de um conteúdo específico da Química, tradicionalmente ensinado de certa forma, para um conteúdo com fins de ensino e, dentre as muitas causas possíveis desta dificuldade, certamente está a pouca discussão acerca do papel da construção e uso dos modelos científicos tanto na produção do conhecimento a que aquele conteúdo específico se refere, quanto na construção da explicação química em sala de aula.

A mobilização de saberes e conhecimentos acerca dos modelos na formação inicial dos professores de Química está, sem dúvida, atrelada à posição filosófica adotada pelos professores, conscientemente ou não, e que impactam fortemente suas aulas (LÔBO, 2004). Diversas pesquisas têm mostrado que a filiação filosófica mais comum entre os professores formadores, sobretudo das disciplinas específicas, ainda é o positivismo lógico, muito presente ainda nos cursos de formação que, em geral, estão atrelados ao modelo da racionalidade técnica (COSTA, 2017; CORRÊA, 2015; LÔBO, 2004). Tal filiação direciona a atividade profissional do docente formador quando ele elabora e exprime o seu discurso sobre a disciplina que leciona: As coisas são como a sua disciplina diz que são, e funcionam como ela diz que funcionam. Não há espaço para discussão sobre a construção histórica, social ou filosófica daquele conhecimento – e muito menos sobre questões pedagógicas, já que apenas o produto final interessa. Onde entra, num quadro como este, a discussão acerca dos modelos? Explicitamente, não entra. No entanto, os modelos estão lá, sendo manipulados, apresentados e memorizados.

Adeptos do positivismo lógico têm defendido a tese de que a atividade científica começa com a observação rigorosa e imparcial, suspendendo-se o juízo do observador, a fim de que o objeto/fenômeno observado revele a sua verdade (SUPPE, 2000). A partir daí, constroem-se teorias que transformam essas verdades em algoritmos criptografados para serem lidos apenas pelos iniciados naquela ciência. Têm-se a crença, nesta visão, de que as teorias se relacionam diretamente com a realidade e que, portanto, tal criptografia encerra as verdades científicas acerca do real. Os algoritmos são, então, apresentados nas salas de aula das disciplinas nos cursos de formação de professores esperando que os licenciandos aprendam a decodificar a criptografia e memorizem-na. De modo geral, tais algoritmos não possuem relação direta com o que os licenciandos, uma vez formados, vão enfrentar em suas atividades profissionais, cabendo aos novos professores, recém-formados, desenvolver na prática as habilidades e competências que lhes permitam fazer a mediação entre aquele conteúdo visto na Universidade, o que o currículo exige, o que os livros didáticos lhes apresentam e o que, de fato, vai acontecer na sala de aula.

O rompimento com esta visão implicaria numa reforma não apenas curricular dos cursos de Licenciatura em Química, algo que já vem sendo feito (ZANON; MALDANER, 2007), mas principalmente da forma como os professores que atuam nos cursos de formação inicial veem sua disciplina. Não se trata aqui de reafirmar o que já vem sendo exaustivamente dito, que uma visão mais contextualizada da ciência vai permitir fazer melhor a ponte entre o que se ensina e o que o Licenciando vai fazer. É uma questão de necessidade profissional, afinal de contas **é diferente saber Química num contexto de bacharelado e saber Química num contexto de ensino** (MALDANER, 2003). Os Licenciandos precisam, ao estudar Química Geral I, por exemplo, ser confrontados com discussões acerca do ensino e da aprendizagem daqueles conteúdos no Ensino Básico. Tal envolvimento, aliado (aí, sim!) às discussões trazidas pelas disciplinas voltadas para o ensino de Química, pode favorecer a formação de um profissional que seja crítico de sua própria prática, e reflexivo, capaz de transformar o próprio ensino em prol do favorecimento da aprendizagem dos(as) estudantes.

O ensino de Química se pauta na elaboração e aplicação de modelos, não havendo apenas um tipo de modelo, mas uma variedade de tipos, e os professores de Química, em suas aulas, transitam de um tipo para outro sem qualquer preocupação com as consequências disso para a aprendizagem dos(as) estudantes (seja por falta de reflexão da sua prática, ou por desconhecimento de que está trabalhando com modelos). **Saber Química num contexto de ensino, portanto, deveria levar em conta as discussões acerca da elaboração e aplicação dos modelos.** Sendo assim, compreendemos que **tais discussões deveriam ser promovidas**

também (e, talvez, principalmente) nas disciplinas específicas dos cursos de Licenciatura em Química.

Do jeito como ainda é concebida em muitas Universidades, a Licenciatura não provê ao futuro professor as ferramentas necessárias para que este ator consiga, adequadamente, inserir as discussões sobre modelo em sua prática pedagógica. No entanto, ela pode ser importante para a formação de um profissional que, reflexivo em torno de sua prática (SCHÖN, 1992), seja capaz de continuar aprendendo. Sendo assim, pode-se dizer que **a formação do professor vai para além de seus dias como licenciando e adentra as salas de aula, acompanhando-o durante a sua vida profissional.** De fato, é no dia-a-dia de sua profissão que o docente adquire mais conhecimento acerca de seu trabalho e de como fazê-lo melhor. Para tal, torna-se imprescindível que ele seja um profissional capaz de refletir sobre suas decisões e ações e, mais do que isso, de se reconstruir no processo. **Se este é o fato, então a Universidade não produz professores prontos (e nem pode fazê-lo), mas deveria formar profissionais capazes de se completarem no dia-a-dia de seus afazeres.**

3.2 Os Modelos e sua Relação com a Química e seu Ensino

Átomos e moléculas têm estruturas reais que, no entanto, não podem ser percebidas através dos sentidos. Como estudar o imperceptível? A correlação entre o comportamento dessas minúsculas partículas, que fazem parte do microcosmo, e as propriedades das substâncias pertencentes ao sistema macroscópico foi e continua sendo um grande desafio da ciência química e, conseqüentemente, do ensino de Química. Como vencê-lo?

Para estabelecer essa correlação o homem precisou criar uma linguagem para discutir o microcosmo, ou seja, os átomos, íons e moléculas. E toda linguagem, já nos ensinou Vygotsky, desenvolve-se na mesma medida que as estruturas do pensamento evoluem do concreto para o abstrato e vice-versa. A linguagem da Química descreve através de modelos, representados por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico. As Ciências Naturais, e a Química, em particular, fazem extensivo uso de modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas de um mundo real (ROQUE; SILVA, 2008, p. 921).

A Química tem se notabilizado pela capacidade de explicar processos ou fenômenos observados macroscopicamente a partir de conceitos ou teorias que se reportam a entes que não podem ser vistos (pelo menos, não ainda). Sem dúvida, é por meio dos modelos, com o poder representacional que lhes podem ser atribuídos e funcionando como mediadores (MORGAN; MORRISON, 1999), que tais entes teóricos podem ser associados aos processos ou fenômenos que se pretendem explicar.

A Química é reconhecida como uma ciência com forte viés experimental, em que se preparam e isolam novas substâncias, determinam-se novas utilizações para outras substâncias já conhecidas, desenvolvem-se catalisadores específicos para determinadas sínteses, entre muitas outras coisas. No entanto, a análise dos dados obtidos por meio experimental, e mesmo as escolhas das técnicas e métodos que serão utilizados em determinados procedimentos, depende de adesões teóricas e de construções e/ou utilizações de modelos úteis para aquela pesquisa. Portanto, a Química também é uma ciência com forte viés teórico⁶. De acordo com Lemes e Porto (2013, p. 126), “a natureza teórico-prática da Química tangencia a questão do realismo das entidades químicas, pois as evidências experimentais corroboram as estruturas teóricas propostas”.

Já foi dito, no capítulo dois, que os modelos científicos são artefatos construídos para produzir certo tipo de conhecimento. Devido à sua parcial autonomia tanto em relação às teorias científicas, quanto aos fenômenos, os modelos podem atuar como mediadores entre os próprios fenômenos e as teorias que falam acerca deles, mas também podem atuar, eles próprios, como instrumentos de medição, experimentação e investigação. Outro papel epistêmico que pode ser atribuído aos modelos é o representacional. Os modelos podem representar aspectos da teoria, do mundo ou de ambos ao mesmo tempo, justamente devido à sua parcial autonomia e, graças a este poder representacional que os modelos podem assumir, eles são tanto um meio para obtenção, quanto uma fonte de conhecimento (MORGAN; MORRISON, 1999).

“É justamente neste tipo de caso, quando o modelo ganha vida própria, que o seu verdadeiro papel como mediador se torna aparente. Em virtude de o centro da investigação estar nos modelos, mais do que na natureza, em si, seu papel representativo é aprimorado para o ponto onde o modelo funciona como fonte de conhecimento, mais do que simplesmente como um mediador entre teorias de alto nível e o mundo” (p. 171).

Na Química, explica-se o comportamento dos gases a partir de um modelo que apresenta um conjunto de esferas em movimento desordenado, cujas interações envolvem choques elásticos; a cinética de uma reação química também é analisada a partir de modelos que consideram os constituintes da matéria como esferas que interagem entre si; e os modelos materiais do tipo bola-e-vareta utilizados em aulas de Química Orgânica permitem, tanto ao

⁶ Neste caso específico, ao afirmar que a Química possui um *forte viés teórico*, referimo-nos à ideia próxima ao senso comum de que teórico é o que se contrapõe ao prático. Em outras palavras, afirmamos aqui que a Química também se desenvolve fora do ambiente do laboratório, sem, necessariamente, recorrer a dados empíricos. E isso é possível porque os próprios modelos podem ser tomados como substitutos dos fenômenos e, assim, fontes de dados e agendas de pesquisa, dada a sua relativa autonomia tanto das teorias, quanto dos dados da experiência. Neste caso, o viés teórico torna-se tão forte quanto o experimental.

estudante quanto ao professor, a visualização tridimensional dos átomos constituintes de certa molécula, a caracterização das ligações simples, duplas ou triplas, a entrada de certo grupo em uma determinada posição da molécula, entre outras coisas. Em todos os casos descritos, o papel representacional dos modelos envolve certo grau de abstração e/ou de idealização e, de acordo com Morgan e Morrison, em tais casos é o modelo que está servindo como fonte de conhecimento acerca do fenômeno. Fazendo um paralelo com a equação de Dumas, as autoras afirmam que:

Em 1835, a equação de Dumas (fórmula) foi utilizada para introduzir a noção de substituição, desenvolvida depois em uma nova teoria acerca da estrutura unitária dos compostos orgânicos. (...) Agindo como modelos, as fórmulas químicas não apenas se referiam a novas concepções, mas foram as ferramentas para a produção delas. Vemos, então, como as fórmulas (modelos) serviram de base para o desenvolvimento do conceito de substituição que, por sua vez, permitiu aos químicos do século XIX construir uma representação teórica para o conhecimento empírico de transformação orgânica. (MORGAN; MORRISON, 1999, p. 18).

A fórmula é considerada como a representação de uma substância. Uma substância, considerada na Química como uma entidade pura, composta por moléculas de apenas um tipo, é, por sua vez, uma idealização (FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2013). Em um laboratório **real** não há substâncias quimicamente puras, mas com certos graus de pureza. Além do mais, o mesmo modelo usado para representar uma substância (entidade macroscópica), também é usado para representar uma molécula (entidade submicroscópica⁷). Quando, por exemplo, se escreve a fórmula H_2O , representa-se a molécula de água, mas também a substância água, formada apenas por moléculas daquele tipo. Mas a água **real**, por mais destilada que seja, não pode ser considerada quimicamente pura. Portanto, uma fórmula do tipo H_2O constitui-se numa idealização. O modelo de bola-e-vareta usado em sala de aula para representar a molécula de água no espaço é um modelo material cuja construção é baseada numa abstração. Idealizações e abstrações são recursos importantes na construção e uso tanto dos modelos científicos, quanto dos modelos utilizados em sala de aula.

O uso dos modelos no ensino de Ciências não é algo novo nem na pesquisa, nem na própria atividade de ensino. No entanto, apenas recentemente as discussões acerca da Natureza da Ciência (que inclui discussões filosóficas e didáticas dos modelos) passaram a merecer um lugar de destaque no currículo de formação de professores em diversas Universidades. Faz-se necessário, portanto, se pensar que noção de modelo, dentre as muitas

⁷ Microscópicas e nanoscópicas são outros termos utilizados por diversos autores para se referirem às entidades ou processos que preferimos denominar submicroscópicas (a não ser que estejamos fazendo uma citação, momento em que apresentaremos o termo que o autor tiver usado).

noções existentes na literatura, é útil para o ensino de Química à luz das exigências que os novos currículos impõem (ADÚRIZ-BRAVO, 2012). **Assumimos, então, a noção de modelos como artefatos epistêmicos, parcialmente autônomos em relação às teorias e aos dados empíricos e que possuem finalidades diversas: podem servir como instrumentos de mediação entre a teoria e os dados do fenômeno, fazendo a necessária ponte entre os aspectos macroscópicos e submicroscópicos dos fenômenos; podem ser instrumentos representacionais da própria teoria, ou dos dados do fenômeno; podem agir, eles próprios, como instrumentos de investigação e de medida; podem ser usados para desenvolver uma teoria a partir de um sistema físico idealizado e podem ser usados para simular um sistema físico a partir de uma teoria altamente idealizada.** Todas estas atribuições podem ser realizadas dentro da comunidade química, bem como dentro de uma sala de aula de Química, em que pese a diferença de contexto de aplicação.

No ensino de Química podemos caracterizar três classes (tipos) de modelos frequentemente utilizados: os **modelos materiais**, os **modelos teóricos** e os **modelos matemáticos**. Modelos materiais são palpáveis, como o tipo bola-e-vareta, que permite a construção, visualização e manipulação de moléculas em que as esferas coloridas representam os átomos, ou os centros elementares⁸ (EARLEY, 2006) e as varetas, as ligações. Os modelos teóricos podem compreender os gráficos, as equações químicas e as representações pictóricas como as usadas no ensino de Cinética Química para ilustrar as colisões entre os constituintes do sistema, ou mesmo para visualizar o caminho alternativo criado pelo catalisador (modelos de mecanismos de reação). Os modelos matemáticos permeiam quase todo o ensino de Físico-Química, na medida em que os professores enfatizam e cobram a memorização das fórmulas matemáticas em detrimento da construção dos conceitos. Em todos os casos citados – e em muitos outros não ditos – o uso dos modelos na sala de aula tem acontecido de modo tácito, como se fosse algo trivial da vida do professor e do estudante, sem a devida atenção às discussões epistemológicas (MELO; NETO, 2013).

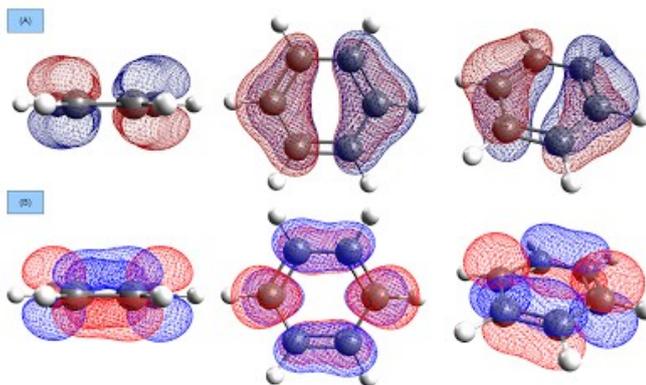
Na Química, exercício de modelar os fenômenos, talvez em parte devido às adesões realistas de seus protagonistas, ou mesmo à complexidade inerente à própria disciplina, foca-se muito fortemente em relações **pictóricas** entre o modelo e o fenômeno (LEMES; PORTO, 2013). Os químicos **enxergam** os orbitais e manipulam estas entidades quando explicam, por exemplo, a preferência de um determinado grupo ou radical por entrar no segundo carbono em relação ao primeiro numa reação orgânica. Para Lemes e Porto (2013, p. 126):

⁸ Joseph E. Earley sustenta, em seu artigo que uma molécula não é, estritamente falando, composta por átomos, mas por “centros elementares” (p. 842).

(...) a Química, atualmente, tem um caráter particularmente visual na manifestação de suas teorias. Essa valorização das representações pictóricas da teoria, juntamente com a mudança das características dos laboratórios e as evidências produzidas a partir destes, fez aflorar um caráter de realidade para as entidades submicroscópicas da Química.

A Química Teórica, por exemplo, tem se desenvolvido ancorada na Teoria Quântica, porém utilizando-se de modelos visuais obtidos com o uso de softwares computacionais, onde os orbitais, por exemplo, tomam cor e forma (MORGON, 2001 TOMASI, 1999), como ilustra a Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Orbitais moleculares para a molécula de benzeno.



Fonte: rede mundial de computadores⁹

O que acontece na Química Teórica, assim como em várias outras áreas do conhecimento químico é um bom exemplo da diferença com que os físicos e os químicos tratam os modelos e a modelagem: na Física, há uma quase hegemonia dos modelos matemáticos, enquanto na Química, embora também se utilizem os modelos matemáticos, há uma necessidade grande de representação visual dos entes que a teoria menciona (GRECA; SANTOS, 2005). São diversos os softwares capazes de apresentar visualizações a partir de cálculos oriundos da Mecânica Quântica (para maiores informações sobre o uso dos softwares na Química Teórica sugiro a leitura de Morgon (2001)), ou mesmo de auxiliar os(as) estudantes na visualização de estruturas moleculares (FERREIRA; ARROIO, 2009).

Ensina-se, por exemplo, o átomo como uma entidade real (toda matéria é formada por átomos) que se comporta exatamente da forma como o modelo sugere, cujos elétrons são bem caracterizados em seus níveis de energia e percorrem trajetórias bem definidas. Definem-se algumas regras para normatizar o comportamento destes elétrons (o que lhes é permitido, ou não) e, por meio destas regras, definem-se os tipos de interações entre os átomos (eletrovalente, covalente ou metálica), explicam-se diversas propriedades macroscópicas da

⁹ Fonte: http://quimicaestrutural.blogspot.com.br/2010_05_01_archive.html. Acessado em 28/10/2015.

matéria e constroem-se novos modelos para compreender as transformações químicas. Em todos estes casos reside uma necessidade grande de visualização do processo, o que leva os professores e os autores de livros didáticos a recorrerem frequentemente a formas pictóricas para ilustrar ou representar algum processo. Uma delas, que podemos inclusive reputar como clássica mostra, numa ligação iônica, o elétron **saindo** de um átomo e **entrando** em outro, como ilustra a Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Formação dos íons Na^{1+} e Cl^{1-}



Fonte: rede mundial de computadores¹⁰

Depreende-se, de tudo que foi dito até aqui, que o ensino de Química é grandemente focado nas representações das entidades descritas pelas teorias. Apesar disso, se o professor formador na Licenciatura em Química não problematiza tais representações, passará a ideia de que aquelas representações tratam-se de ícones do que a teoria descreve. O professor formado nesta linha, por sua vez, provavelmente reproduzirá esta visão na sala de aula esperando que o estudante faça, por si mesmo, as associações devidas entre o modelo (apresentado como se fosse a própria realidade ou um espelhamento dela), a teoria e o fenômeno correspondente. Mais uma vez o caso do modelo atômico é exemplar (MELO; NETO, 2013), já que em seu ensino os professores e autores de livros didáticos têm se limitado a apresentar os modelos dos átomos ou, melhor dizendo, os desenhos sugeridos e os **apelidos** de tais modelos (ex.: bola de bilhar, pudim de passas etc.) sem discutir a teoria atômica ou mesmo os dados empíricos que deram sustentação aos modelos. Longe de serem tratados como mediadores do conhecimento, os modelos têm sido vistos e tratados como se fossem o próprio conhecimento.

O realismo ingênuo, mesmo de maneira irrefletida, muito próximo do senso comum, pode se fazer presente na aula de Química quando ao apresentar uma fórmula molecular, por exemplo, segue a afirmação de que aquela fórmula **é** a substância; ou, ainda, no estudo sobre os estados de agregação da matéria, quando se faz a representação pictórica do comportamento das partículas nos estados sólido, líquido e gasoso, e afirma-se que **as moléculas se comportam daquele jeito**. Desta forma, resta aos(às) estudantes memorizarem

¹⁰ <http://www.infoescola.com/quimica/ligacao-ionica-eletrovalente/>. Acessado em 25/10/2015. No texto, não há qualquer referência às questões energéticas que envolvem o processo, passando a ideia de que esta troca se dá de forma natural, como se o sódio quisesse perder o elétron e encontrasse um cloro, com vontade de ganhar um elétron. E, assim, tudo se encaixa.

acriticamente o que lhes é apresentado, desenvolvendo uma visão inadequada da Química e reputando-lhe rótulos como difícil ou inacessível.

Apesar de a Química ser uma Ciência com fortes vieses experimental e teórico, o seu ensino tem se dado de forma contemplativa e dogmática, com foco nos produtos da Ciência em detrimento dos processos de construção do conhecimento científico (CHAMIZO, 2013; JESUS, 2011). Os professores apresentam as ideias dos gênios da Química, suas leis fascinantes e cálculos mirabolantes, esperando que os(as) estudantes memorizem aquele conteúdo e consigam reproduzi-lo nas avaliações. Obviamente, diversos modelos (dos mais variados tipos) são utilizados nas aulas, porém nem os(as) estudantes, nem os próprios professores (em grande medida) têm noção de que estão, naqueles momentos, estudando ou ensinando modelos. Os professores parecem conseguir transitar, na explicação de um tema, do modelo material para o teórico, e/ou matemático, utilizando fórmulas moleculares, mostrando gráficos, desenvolvendo cálculos e produzindo explicações como se tudo fosse absolutamente trivial.

3.3 Quando Explicamos Algo em Sala de Aula?

A explicação científica é uma produtiva agenda de pesquisa dos filósofos da Ciência (LEMES, 2016; MORRISON, 2015; PIETROCOLA *et al*, 2011; BOKULICH, 2011; ADÚRIZ-BRAVO, 2008; CUSTÓDIO FILHO, 2007; SALMON, 2006; GONZALEZ, 2002; CONCARI, 2001; RUBEN, 2004; EDER; MARTINS; OGBORN; KRESS, 1999; DÍEZ; MOULINES, 1997; ACHINSTEIN, 1984; SALMON, 1984; HEMPEL, 1979; HEMPEL, 1966; HEMPEL; OPPENHEIM, 1948), sendo considerada uma das principais metas do empreendimento científico e justificando, assim, o desenvolvimento de diversos trabalhos que buscam explicar o processo da construção de uma explicação (explicar a explicação, como alguns autores se referem).

Tradicionalmente, atribui-se a Carl Gustav Hempel a tarefa de sistematizar uma tentativa de racionalizar a lógica envolvida na explicação científica. Produzido em cooperação com Paul Oppenheim, o artigo *Studies in The Logic of Explanation* (HEMPEL; OPPENHEIM, 1948) tornou-se uma referência para os filósofos da Ciência e logo nas primeiras linhas da introdução, lê-se:

Explicar um fenômeno no mundo da nossa experiência, responder à questão “por quê?”, mais do que simplesmente à questão “o quê?” é um dos principais objetivos de toda investigação racional; e especialmente a investigação científica, que se esforça a ir além da mera descrição, provendo uma explicação dos fenômenos investigados. (p. 135)

Para Nuñez e Ramalho (2015), o termo **explicação** é polissêmico, estando os seus vários significados atrelados às perspectivas filosóficas, epistemológicas, linguísticas ou didáticas de quem fornece a explicação. Para Gonzalez (2002), a explicação pode ser compreendida simplesmente como um conteúdo cognitivo que responde a uma pergunta específica. Tal resposta está relacionada à visão de mundo (ou visão científica da realidade) e aos conhecimentos acumulados pelo respondente, mas também deve estar de acordo com a capacidade cognitiva de quem faz a pergunta. Neste sentido, uma boa explicação dependerá de quatro fatores: da pergunta que está sendo feita, do “estoque disponível” de respostas (MORRISON, 2015; SALMON, 2010), da pessoa (ou grupo) que pergunta e da que responde.

Com base no exposto acima, entendemos que **nem toda pergunta exige uma resposta explicativa, assim como nem toda resposta é uma explicação**. A resposta também pode ser uma descrição, uma justificativa ou mesmo uma orientação. Se alguém pergunta, por exemplo, “por que contraí câncer no pulmão?”, e alguém responde “porque você fumou muito e por muitos anos”, esta resposta, embora justifique o aparecimento do câncer, não explica o fato do câncer ter aparecido, até porque é capaz de haverem pessoas igualmente fumantes e que não desenvolveram a doença.

Importante frisar, conforme já colocado no capítulo 2, que compreendemos a realidade como diretamente inacessível e, desta forma, o que percebemos como fenômeno é aquilo que podemos apreender da realidade a partir de nossas representações. O fenômeno, portanto, nesta ótica, seria um fruto de nossas interpretações. Assim, **partimos do pressuposto de que a explicação para a ocorrência de um fenômeno não está no próprio fenômeno e nem é aparente, mas construída, recorrendo-se ao arcabouço teórico que possuímos, e vinculada à nossa visão de mundo** (MORRISON, 2015).

Desta forma, entendemos que **ao explicar, mobilizamos entidades e/ou processos que nem sempre são sensíveis e buscamos relacioná-los entre si, de forma a estabelecermos uma causa provável (ou, pelo menos, factível) para o fenômeno**. Se alguém pergunta “por que contraí um câncer?”, uma explicação científica poderia falar de células, genes, DNA, metástase, antígenos e outros termos teóricos. Se o fumo for a justificativa mais provável (se a pessoa, de fato, é um fumante) pode-se incluir na explicação o efeito toxicológico de certas substâncias contidas no tabaco.

Embora reconheçamos haver uma relação de causa e efeito na construção da explicação, compreendemos que nem toda causa **explica** a consequência. Quando se afirma que o fumo constante pode ser uma causa provável para o aparecimento de um câncer de

pulmão, estabelece-se uma relação de causa e efeito que não é explicativa, mas justificativa. Aqui, nos comprometemos com a ideia de que tal relação causal, para ser uma explicação científica, deve conter elementos próprios da ciência, como as entidades postuladas pelas teorias (da mesma forma que entendemos que uma explicação religiosa, por exemplo, deverá conter os elementos postulados pela religião).

O conhecimento químico, por exemplo, é impregnado de termos que remetem a entidades teóricas não necessariamente sensíveis: átomos, íons, moléculas, ligações etc. O fato da lâmina de zinco (de coloração cinza metálico), mergulhada numa solução (de coloração azul) de sulfato de cobre II, adquirir cor de tonalidade avermelhada, enquanto a solução azul tende a ficar incolor, pode ser explicado a partir do uso de termos tais como elétrons, oxidação, redução, potencial de redução etc.

Se alguém pergunta: “por que a solução, que era azul, ficou incolor?” e outra pessoa responde que “foi porque se mergulhou o zinco na solução”, tal resposta não configuraria, no sentido que admitimos neste trabalho, uma explicação, mesmo que a causa do esmaecimento da cor azul, naquele caso específico, tenha sido o contato com a lâmina de zinco. Ademais, se mergulhássemos naquela solução azul lâminas de alguns outros metais, como magnésio ou alumínio, observar-se-ia o mesmo fenômeno de esmaecimento da coloração da solução de sulfato de cobre II.

Para que a resposta solicitada pelo perguntante seja considerada uma explicação, deve apresentar uma razão que transcenda ao fato de ter sido a lâmina de zinco. Se tanto o zinco, quanto o magnésio, alumínio e alguns outros metais provocam o esmaecimento da solução azul de sulfato de cobre II, então deve haver algo nestes metais, ou nas interações entre a solução e aqueles metais, que torna o fenômeno possível.

Nossa compreensão, portanto, é que a construção de uma explicação envolve uma busca pelas causas prováveis (ou, pelo menos, factíveis) e as condições necessárias para que aquelas prováveis causas provoquem exatamente (ou, pelo menos, majoritariamente) aquele fenômeno (e não outro).

Quando afirmamos que a **explicação é construída** sugerimos certo grau de intencionalidade, ou seja, alguém (ou o grupo) constrói uma explicação com certa intenção ou com certo objetivo. Do ponto de vista pragmático, a explicação não envolve apenas uma relação entre as teorias, os modelos e os fenômenos, mas inclui a pessoa que pergunta e a pessoa que responde (ACHINSTEIN, 1984), de modo que inferimos que deve haver pelo menos dois fatores cruciais para uma avaliação da qualidade explicativa: a **satisfação intelectual** proporcionada pela resposta obtida e o **entendimento** adquirido a partir da

resposta (STREVENS, 2013; GRIMM, 2012; CUSTÓDIO FILHO, 2007; De REGT; DIEKS, 2005; FRIEDMAN, 1974).

A **satisfação intelectual** é, aqui, tomada como um **fazer sentido** (GRIMM, 2012). E quando dizemos que algo fez sentido, estamos expressando que os elementos utilizados para construir a explicação se encaixam na nossa capacidade cognitiva: nada do que foi dito é plenamente desconhecido e, além disso, as coisas ditas encaixam-se perfeitamente na construção da resposta. Aqui não se trata, necessariamente, de julgar se a resposta é verdadeira ou falsa, mas se ela é aceitável ou não, ou ainda, a sua plausibilidade. Obviamente, uma criança de 6 anos, um adolescente de 13 e um adulto de 30 anos terão graus diferentes de aceitabilidade de respostas para uma mesma pergunta. O que faz sentido para o adulto pode ser demasiado complicado para o adolescente e, ainda mais, para a criança. Por outro lado, a resposta que satisfaz a criança dificilmente satisfará o adolescente ou o adulto.

Além disso, se tomarmos, por exemplo, dois adultos de 30 anos, sendo que um possui grande conhecimento em Química, enquanto o outro teve pouca experiência com a aprendizagem da Química, o grau de satisfação intelectual com a resposta a uma pergunta do tipo “por que a água, ao congelar, ocupa um volume maior?” será diferente em cada público. Embora seja uma resposta errada, haveria grande chance de o segundo adulto ficar satisfeito se dissermos que a água, ao congelar, permite a entrada de ar e isso torna o gelo mais volumoso. Note que não estamos falando sobre a veracidade da resposta, mas da satisfação experimentada pela pessoa que recebe a resposta porque ela **fez sentido**, o que não ocorreria com o primeiro adulto, que certamente possui conhecimento acerca das interações intermoleculares, por exemplo.

O senso comum compreende a tarefa científica como a busca por respostas, mas não necessariamente, por explicações, embora muitas pessoas possam ter em conta que a satisfação obtida com a resposta configure a obtenção de uma explicação (CUSTÓDIO FILHO, 2007). Para ser uma explicação científica, no entanto, a construção da resposta deve estar ancorada em teorias e modelos, científicos ou manipulados pela ciência, envolvendo termos teóricos de acesso limitado aos não iniciados na educação científica. Presume-se, portanto, que ela não fará sentido na mente leiga e, conseqüentemente, não a conduzirá a uma compreensão do mundo tal qual é proposto pela ciência (LEMES, 2016).

Considerando o contexto de sala de aula, a tarefa dos professores, de um modo geral, bem como dos materiais didáticos produzidos, tem sido conduzir os(as) estudantes exatamente àquele estado de satisfação intelectual com a aula, ou com o conteúdo que está sendo ensinado. A princípio, quando iniciamos um estudo novo para os(as) estudantes,

experimentamos uma rejeição inicial, algumas reclamações, pedidos para repetir certas colocações que fizemos e outras manifestações, e então nos damos conta de que precisamos adaptar aquele conteúdo, fazer uso de analogias, metáforas e casos do cotidiano, a fim de que os(as) estudantes adquiram uma compreensão inicial e rompamos a primeira barreira de rejeição ao novo conteúdo. Produzir algum tipo de satisfação intelectual nos(as) estudantes pode se constituir numa verdadeira ginástica educacional para o professor.

Além de fazer sentido, a explicação também tem por objetivo promover um **entendimento** em quem pergunta. No empreendimento científico não é diferente: O entendimento é um objetivo a ser alcançado pela explicação científica (STREVEENS, 2013; CUSTÓDIO FILHO, 2007; De REGT; DIEKS, 2005; FRIEDMAN, 1974).

Segundo Custódio Filho (2007, p. 78), “as explicações científicas, longe de apenas participarem das descrições do mundo, fornecem um quadro teórico a partir do qual seja possível alcançar entendimento dos fenômenos”. Para o autor, os filósofos da Ciência, em geral, afirmam que o entendimento que a ciência se propõe a desenvolver a partir das explicações não é o individual, ou seja, aquele que cada cientista, em particular, desenvolve, mas o que a comunidade científica, como um todo, alcança.

Compreendemos o entendimento não como uma finalidade (no sentido de ponto final, término) da explicação científica, mas como um **ponto de viragem**, a partir do qual a própria explicação original passaria a ser questionada. O entendimento acerca do funcionamento de um modelo pode permitir ao possuidor do entendimento aperfeiçoar a própria explicação, inclusive modificando-a. Não se pode negar o fato de que, hoje, tem-se um entendimento muito maior acerca do funcionamento de diversos modelos, nas diversas ciências, do que há um século, o que tem levado a uma compreensão cada vez mais profunda acerca do fenômeno em estudo: entende-se muito mais acerca de furacões, tsunamis, genética, transformação de substâncias, espaço sideral, produção de novas tecnologias etc., e todo este entendimento tem levado à construção e uso de novos modelos, novos questionamentos, novas explicações e, conseqüentemente, novos entendimentos. Em sala de aula, o entendimento progressivo dos(as) estudantes deve conduzi-los a níveis cada vez mais complexos e sofisticados de problematização, tanto de sua realidade social quanto do próprio conteúdo que está sendo estudado.

Enquanto a **satisfação intelectual** está mais ligada a uma sensação de bem-estar provocada pela adequação da resposta à pergunta que foi feita e ao status cognitivo de quem perguntou, o **entendimento** envolve uma mobilização da razão no sentido de fazer

provocações à própria resposta obtida. O alcance destes dois objetivos deve configurar o sucesso da tarefa de explicar, em sala de aula.

3.3.1 O papel dos modelos

Na Química, de modo geral o conhecimento descritivo é de natureza macroscópica (TABER, 2013; TALANQUER, 2011) e se revela, por exemplo, ao se evidenciar a ocorrência de uma reação química entre uma solução aquosa de cloreto de sódio ($\text{NaCl}(\text{aq})$) e uma de nitrato de prata ($\text{AgNO}_3(\text{aq})$) a partir do precipitado branco formado (cloreto de prata, $\text{AgCl}(\text{s})$). Afirmar que uma transformação química provoca mudança de coloração, formação de precipitado, liberação de gás ou mudança na temperatura envolve a mobilização do conhecimento descritivo, ou seja, respostas para perguntas do tipo **o que aconteceu?** O conhecimento químico do tipo explicativo, por outro lado, é de natureza submicroscópica (TABER, 2013; TALANQUER, 2011), envolvendo entidades e/ou processos não necessariamente sensíveis e se revela quando, para o mesmo fenômeno da reação das soluções aquosas de cloreto de sódio e nitrato de prata, recorrem-se à mobilidade dos íons em solução, às interações eletrostáticas, à energia de rede etc. A pergunta que envolve a mobilização do conhecimento explicativo, neste caso, é do tipo **por que se formou o (este) precipitado (e não outro)?**

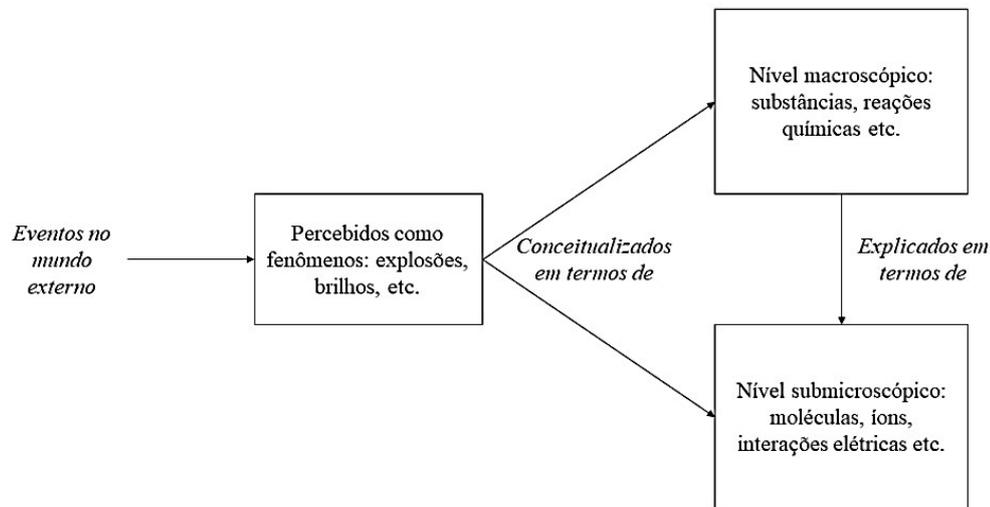
Acerca desta necessária relação entre os níveis macro e submicro na construção de uma explicação em Química, Talanquer (2011) e Taber (2013) fazem importantes considerações:

A natureza do nível macro tem sido alvo de várias interpretações. Alguns autores caracterizam o nível macro como, principalmente, incluindo o fenômeno experienciado no dia-a-dia ou no laboratório, sendo o nível daquilo que é observável e tangível (...). Outros descrevem o nível macro como representacional por natureza, principalmente quando formadas por aquelas ideias que descrevem as propriedades gerais da matéria, como pH, temperatura, pressão, densidade e concentração (...). Em alguns estudos, o nível macro parece incluir tanto o fenômeno em estudo, quanto os conceitos usados para descrevê-lo (...). Encontramos inclusive autores que concebem o nível macroscópico como os fenômenos que os estudantes experienciam nas salas de aula de Química ou nos laboratórios e que julgam ser diferentes do mundo macroscópico “real” da vida cotidiana (...). (TALANQUER, 2011, p. 183).

(...) na aprendizagem de Química, os estudantes são, de fato, solicitados a coordenar os dois diferentes níveis: em termos das descrições formais do fenômeno observado, no nível macroscópico, e em termos dos modelos teóricos da estrutura da matéria, em escala submicroscópica (TABER, 2013, p. 159).

A Figura 3, a seguir, representa bem esta relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico na explicação química.

Figura 3 – Relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico.



Fonte: Taber (2013, p. 159)

Se considerarmos, como já foi dito, que **os modelos são os principais veículos do empreendimento científico** (SUPPE, 2000), ou seja, que os cientistas trabalham construindo e utilizando modelos, e associarmos ao fato de que **a Ciência tem a missão não apenas de descrever e prever, mas também de explicar os fenômenos** (HEMPEL; OPPENHEIM, 1948), podemos supor que os modelos possuem grande importância no cumprimento da missão, uma vez que podem funcionar como substitutos tanto das teorias, quanto dos fenômenos que se pretendem explicar, mas também podem funcionar de forma autônoma, sendo eles mesmos os instrumentos para a explicação:

O modelo mostra como determinadas partes do sistema são integrados e ajustados, de tal forma que o comportamento do sistema possa ser explicado. (...) ele incorpora mais detalhes acerca das dependências estruturais do que as teorias de alto nível (MORGAN; MORRISON, 1999, p. 63).

De fato, segundo Morgan e Morrison (1999), o caráter autônomo dos modelos também se revela quando eles exercem seus papéis como representantes e instrumentos para explicação, sendo que tais papéis estão interconectados, ou seja, **o poder explicativo do modelo está intimamente relacionado com seu poder representativo**. Se este é o fato, considerando que modelos diferentes representam de diferentes maneiras, podemos concluir que eles não possuem o mesmo poder explicativo para um dado fenômeno, mesmo que eles estejam ancorados numa mesma teoria.

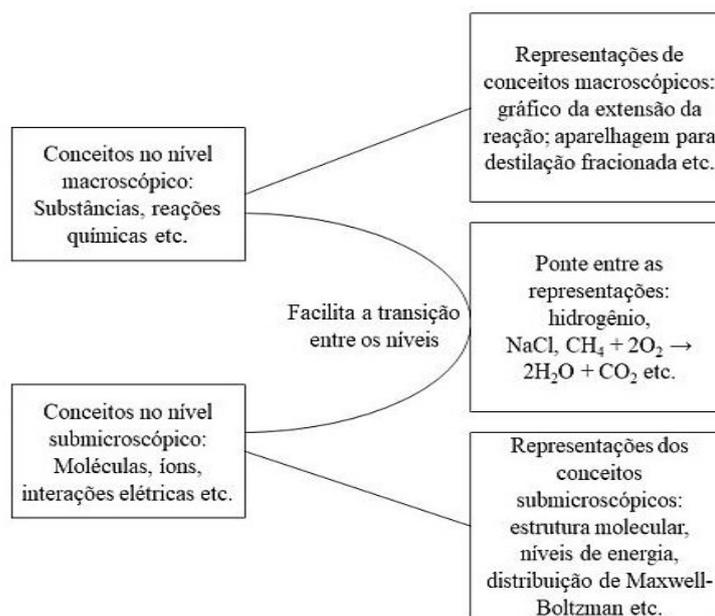
Apesar da ideia corrente afirmar que a principal atividade no empreendimento científico é a construção e uso de modelos científicos, e que tais modelos possuem, entre

outras, a função de representar os fenômenos ou as teorias, não há, na literatura, uma discussão clara sobre a ocorrência deste processo de representação na Química, nem no seu ensino. Logicamente, não devemos esperar que, por exemplo, um modelo matemático represente da mesma forma que um modelo material, no entanto, no processo de mediação didática em sala de aula, os professores de Química transitam, muitas vezes irrefletidamente, entre um tipo de modelo e outro. Se este é o fato, então deve haver uma complexa teia de representações presente em cada aula que pode levar os(as) estudantes a sentirem grande dificuldade em fazer a ponte entre os fenômenos e as explicações teóricas construídas para eles. Esta transição que ocorre nas aulas entre os diversos tipos de modelos pode, ainda, ser um fator importante para reforçar tanto ideias equivocadas acerca da própria natureza da ciência, quanto o realismo ingênuo próprio do senso comum, gerando tanto um problema de ensino, quanto de aprendizagem da Química¹¹.

Os modelos não são a própria explicação, em si, assim como o próprio fenômeno não é sua descrição. A descrição do fenômeno permite sistematizá-lo, enquanto a construção e uso dos modelos permitem elaborar explicações acerca dos mecanismos que, supostamente, tornam o fenômeno possível, o que também pode levar a previsões acerca dos fenômenos. Neste sentido, e tomando emprestado o termo atribuído a Morgan e Morrison (1999), podemos afirmar que os modelos podem atuar, na construção do conhecimento, como **mediadores** entre a descrição do fenômeno (nível macroscópico) e sua explicação (nível submicroscópico), o que está bem ilustrado na figura 4, a seguir.

¹¹ Apesar do reconhecimento dos dois problemas decorrentes do uso irrefletido das múltiplas representações em sala de aula pelos professores, entendemos que o problema de ensino é anterior ao de aprendizagem, uma vez que na relação dialógica entre o professor e o estudante ainda há uma preponderância hierárquica do papel docente sobre o discente. Em outras palavras, seria como se o trabalho discente fosse reativo ao que o docente faz e diz. Mesmo assim, não há qualquer intenção de reduzir a totalidade dos problemas de ensino e aprendizagem ao nível causal.

Figura 4 – Transição entre os níveis macroscópico e submicroscópico.



Fonte: Taber (2013, p. 160)

O trabalho descritivo envolve a mobilização de informações sensíveis (dissolveu, produziu um vapor, mudou de fase, acendeu a lâmpada, mudou de cor), enquanto o trabalho explicativo na Química mobiliza entidades não necessariamente sensíveis (moléculas, átomos, íons, ligações). O processo explicativo exige a construção/uso de muitos modelos diferentes, que representam seus alvos de maneiras diferentes, e se constitui uma verdadeira ginástica a harmonização destes diferentes modelos. O movimento de construção de uma explicação didática **coisifica** o processo de mediação (LOPES, 1997), na medida em que o professor recorre a elementos da ciência de referência e tenta traduzi-los ao nível cognitivo de sua plateia.

A explicação científica para o ensino de Ciências, de um modo geral, e de Química, em particular, deve envolver não apenas o conhecimento das teorias e leis, mas a habilidade didática de interpretar o conteúdo da ciência, no caso, a Química, dentro contexto de sala de aula, de forma a entendermos que o que fazemos em sala de aula não é, necessariamente, prover explicação científica, pura e simples, mas **adaptar uma explicação dos químicos para a sala de aula**. O uso que se faz das explicações científicas na sala de aula de Química e como isto contribui para a construção de um conhecimento do conteúdo químico, seu ensino e aprendizagem, ainda é pouco investigado e ultrapassa o escopo deste trabalho.

4

UM EXEMPLO DE MODELO: A EQUAÇÃO QUÍMICA

Em seus primeiros contatos mais direcionados à Química, os(as) estudantes são informados que a matéria é constituída por átomos, que possuem um núcleo positivo rodeado por elétrons, aos quais são atribuídos símbolos e nomes. Estes átomos, por sua vez, combinam-se entre si e dão origem a substâncias que recebem nomes, fórmulas e são identificadas por suas propriedades. Então, introduz-se a ideia de que determinadas substâncias, ao serem postas em contato umas com as outras, não sofrem modificações em suas propriedades, ao passo que outras, dependendo das condições e de certos fatores, sofrem transformações e dão origem a substâncias diferentes. Tais transformações são denominadas reações químicas, fenômenos químicos ou transformações químicas.

A percepção da ocorrência de uma reação química se dá invocando-se os aspectos macroscópicos do sistema, como as mudanças de cor e de estado de agregação, produção de gás ou vapor, variação na temperatura, dentre outros. No entanto, as explicações acerca dos motivos pelos quais uma reação ocorre devem envolver aspectos não necessariamente sensíveis, como ruptura e formação de ligações químicas, energia de ativação, entalpia, entropia, energia livre, transferência de elétrons, solubilidade etc. Como já discutido anteriormente, os aspectos macroscópicos correspondem ao nível descritivo do conhecimento químico, enquanto os aspectos submicroscópicos estão relacionados ao nível explicativo. A transição entre os dois níveis do conhecimento químico se dá com a construção e uso de modelos que, neste caso, funcionam como mediadores.

A reação química é um **processo** de produção de novas substâncias, com propriedades diferentes das substâncias reagentes, porém conservando a massa. De fato, se é o caso que toda matéria é constituída por átomos (isolados ou combinados), e se é o caso que a massa total, numa reação química, se conserva, então podemos supor que, sendo a massa da matéria proveniente dos átomos que a compõe, quando a matéria sofre transformação os átomos permanecem, não se transformam. Nesta perspectiva, uma reação química pode ser compreendida como uma reorganização dos átomos, um rearranjo, de forma que ligações químicas são constantemente rompidas e formadas no processo, estabelecendo importantes relações de ordem energética.

As reações químicas são usualmente representadas pelas equações químicas, onde se evidenciam as fórmulas das respectivas substâncias que participam do fenômeno, as relações estequiométricas, os estados de agregação das substâncias e a definição de quais são os reagentes (substâncias inicialmente colocadas no sistema) e os produtos (substâncias formadas ao longo do processo de transformação). De certa forma, as equações químicas constituem sistemas idealizados, uma vez que as próprias fórmulas químicas representam

idealizações – as substâncias **puras** (TABER, 2013) – além do que as condições para que as reações ocorram da maneira descrita pelas equações químicas também são ideais (FERNÁNDEZ-GONZALEZ, 2013), de tal maneira que poderíamos afirmar que **as equações químicas são modelos dos fenômenos químicos**. Considerando as equações químicas como modelos, afirmamos que elas cumprem um papel epistemológico que vai além da representação do fenômeno (no sentido de mera ilustração gráfica do que pode estar ocorrendo nos tubos de ensaio), sendo elas mesmas fontes para a produção do conhecimento. A partir das equações químicas podemos prever quais produtos serão formados, as quantidades esperadas, o mecanismo reacional, a necessidade de intervenção catalítica etc.

Neste capítulo, pretendemos analisar as dificuldades de ensino e aprendizagem referentes às reações químicas e o papel das equações químicas, como modelos dos fenômenos químicos, na mediação em sala de aula.

4.1 As Reações Químicas no Ensino de Química

O cerne da Química é perceber, saber falar sobre e interpretar as transformações químicas da matéria (MALDANER; PIEDADE, 1995), sendo este, portanto, um conteúdo central no ensino de Química, constituindo-se, juntamente com os temas “materiais e suas propriedades” e “modelos explicativos”, como um tripé sobre o qual o conhecimento químico deve ser desenvolvido em uma sala de aula de Química (BRASIL, 2002).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN+ (BRASIL, 2002, p. 93-94), sugerem a organização dos conteúdos curriculares de Química para o Ensino Médio apoiado em temas estruturadores cujo foco principal é a reação química, reforçando, assim, a centralidade deste conhecimento.

Tomando como foco de estudo as **transformações químicas** que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos, são sugeridos nove temas estruturadores (...): 1. Reconhecimento e caracterização das transformações químicas; 2. Primeiros modelos de constituição da matéria; 3. Energia e transformação química; 4. Aspectos dinâmicos das transformações químicas; 5. Química e atmosfera; 6. Química e hidrosfera; 7. Química e litosfera; 8. Química e biosfera; 9. Modelos quânticos e propriedades químicas.

Cinco desses temas abordam a transformação química em diferentes níveis de complexidade: o **reconhecimento de transformações químicas** por meio de fatos ou fenômenos (1); os **diferentes modelos de constituição da matéria** criados para explicá-la (2 e 9); as **trocadas de energia** envolvidas nas transformações (3); e a **dinâmica** dos processos químicos (4).

Embora, a partir das colocações dos PCN+, se possa dizer que o ensino das reações químicas é o coração da Química de nível médio (e, talvez, inclusive do nível superior), este

vem se constituindo um tema altamente problemático tanto para o ensino, quanto para a aprendizagem (MENESES, 2015; MACEDO; PENHA, 2014; AYRES-PEREIRA, 2013; MENDES, 2011; RAVIOLO; GARRITZ; SOSA, 2011; CHAGAS, 2009; NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007; ÖZMEN; AYAS, 2003; JOHNSON, 2000). A Dissertação de Mestrado de Ayres-Pereira (2013), em seu levantamento bibliográfico acerca das concepções dos professores de Química sobre as reações químicas, encontrou dificuldades que podem ser assim elencadas: formulação e compreensão do conceito de reação química; uso de diferentes terminologias (elemento, composto, substância, material e objeto) para caracterizar os estados inicial e final da reação química; excessiva importância dada aos aspectos quantitativos e dificuldade na compreensão do conceito de transformação. A Tese de Doutorado de Meneses (2015), por sua vez, elenca uma série de dificuldades encontradas em sua revisão de literatura sobre a aprendizagem das reações químicas: falta de compreensão do conceito de reação; dificuldades relacionadas à transição entre os aspectos macroscópicos, microscópicos e simbólicos; e nas dimensões quantitativa, energética, cinética e do equilíbrio das reações e na compreensão da reação química como um sistema.

Entendemos que o ensino das reações químicas deve envolver, pelo menos, três considerações: (1) é um estudo agregador de diversos conceitos, como átomo, íons, molécula, ligações químicas, substância, solubilidade, estados de agregação e fórmulas químicas, além de, à medida que se avança nos conteúdos, englobar outros como entalpia, entropia, oxidação, redução e equilíbrio; (2) não é um tema que se esgota em um momento pontual do ensino médio, ou um semestre do curso superior, mas permeia quase toda a vida escolar e acadêmica do indivíduo; (3) é cercado de abstrações e idealizações, de tal forma que não se torna trivial, por exemplo, a ideia de que há mudança nas propriedades das substâncias (e, portanto, da própria substância), porém uma conservação dos átomos que formam os constituintes básicos daquelas substâncias (moléculas ou agregados iônicos). Das três considerações feitas, estamos lançando nosso olhar especialmente para a última, que envolve a transição nada pacífica entre os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento das reações químicas, o que, por sua vez, deve basear-se na construção e uso de modelos (BARLET; PLOUIN, 1994).

Uma demonstração das dificuldades associadas a esta transição pode ser encontrada logo ao se tentar construir uma definição de reação química. A literatura apresenta diversas tentativas, propostas por vários pesquisadores e por autores de livros didáticos, que podem ser categorizadas como definições macroscópicas (que dão ênfase às mudanças nas propriedades das substâncias) e submicroscópicas, vide quadro 1, que enfatizam aspectos como ruptura de

ligações e rearranjo dos átomos ou íons (MENESES, 2015; RAVIOLO; GARRITZ; SOSA; 2011).

Quadro 1 – Categorização das definições de reação química.

Categoria	Definição
Macroscópica	“é um processo que modifica as propriedades das substâncias presentes, produzindo outras substâncias diferentes das anteriores, porém conservando a massa.” (MENDES, 2011, p. 50).
	“é um processo no qual uma substância (ou substâncias) mudam para formar uma ou mais substâncias novas.” (CHANG, 1999, apud RAVIOLO; GARRITZ; SOSA, 2011, p. 247).
Submicroscópica	“é um processo no qual os átomos das moléculas reativas se rearranjam até formar as moléculas dos produtos.” (GILLESPIE <i>et al</i> , 1994, apud RAVIOLO; GARRITZ; SOSA, 2011, p. 249).
	“é um processo de reorganização das partículas (unidades de matéria divisível) que formam as substâncias de origem, por meio do qual o número e a identidade dos átomos são conservados. Neste processo de reorganização dos átomos, as ligações entre os átomos nas substâncias que reagem são rompidas e os átomos se rearrumam, formando novas ligações, originando novas substâncias, que são os produtos.” (MENDES, 2011, p.120).

Fonte: o autor

Diversas pesquisas demonstram que os(as) estudantes não conseguem transitar facilmente entre os níveis macroscópico e submicroscópico das reações químicas (MENESES, 2015; TABER, 2013; TALANQUER, 2011; COKELEZ; DUMON; TABER, 2007; CASADO; RAVIOLO, 2005; LAUGIER; DUMON, 2004; SOLSONA; IZQUIERDO, 2003) e isto parece refletir na dificuldade em aceitar que aquelas mudanças perceptíveis nas propriedades do sistema observado são consequências de rearranjos entre os átomos, que envolvem sucessivos processos de quebra e formação de ligações químicas. Provavelmente, esta dificuldade tem levado (ou, pelo menos, contribuído de forma significativa para levar) aqueles estudantes a ter grandes problemas em, por exemplo, relacionar as transformações da matéria com a conservação da massa (MENESES, 2015; ÖZMEN; AYAS, 2003; MORTIMER; MIRANDA, 1995).

A compreensão, por parte dos(as) estudantes, de que a própria transformação da matéria envolve a formação de novas substâncias a partir do consumo das que foram inicialmente misturadas também é problemática (NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2006). Em um levantamento acerca da aprendizagem sobre as reações químicas, publicado em Mortimer e Miranda (1995), constatou-se que a ideia frequente entre os(as) estudantes é que uma substância (ativa) age sobre a outra (passiva), consumindo-a. Desta forma, um reagente seria visto como mais importante, ou desempenhando um papel mais relevante, já que ele age sobre o outro. “Assim, na reação entre o zinco e o ácido clorídrico, o ácido é visto como o agente

ativo, aquele que ataca o metal, enquanto o zinco é o agente passivo, que é atacado pelo ácido” (MORTIMER; MIRANDA, 1995, p. 24).

Segundo Meneses (2015), a percepção dos(as) estudantes acerca do fenômeno químico concentra-se no nível macroscópico (mudança de propriedades sensíveis como cor, formação de material sólido a partir de uma mistura de dois líquidos, produção de vapor etc.) e os professores de Química não têm conseguido contribuir significativamente para que ocorra um trânsito menos conturbado para o nível submicroscópico, que o conhecimento químico reconhece como explicativo dos fenômenos. No processo de mediação do conhecimento sobre as transformações químicas, os professores têm levado os(as) estudantes à memorização de regras e algoritmos (NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007), a fim de que eles sejam capazes de resolver problemas que envolvam uma quantificação direta de reagentes e produtos, identificação de reação como endotérmica ou exotérmica pelo uso do sinal gráfico do ΔH , cálculo da rapidez de uma reação a partir da memorização das fórmulas ou dos processos e identificação dos tipos de reações que ocorrem tanto entre substâncias inorgânicas, quanto orgânicas. Este tipo de abordagem não tem contribuído para uma superação da dificuldade de aprendizagem reportada pela literatura, tampouco para um ensino significativo e interessante, pelo contrário, parece contribuir muito mais para uma perpetuação dos rótulos de difícil, desinteressante e inacessível que, historicamente, a disciplina Química vem mantendo.

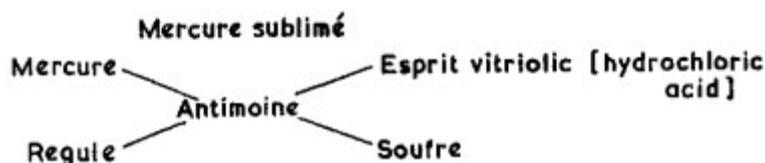
A superação desta dificuldade envolve um ensino que promova a importante conexão entre os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico (MENDES, 2011; LAUGIER; DUMOND, 2004) e entendemos que **as equações químicas podem ser as ferramentas necessárias para realizar esta conexão.**

Partimos do pressuposto que **uma abordagem acerca das equações químicas que supere sua visão meramente ilustrativa pode ajudar a diminuir o problema da transição macro/submicro presente nas aulas de Química.** Se bem direcionado, o ensino das equações químicas pode promover um deslocamento entre aqueles dois níveis à medida que a sua utilização vai se dando de forma problematizadora e reflexiva. Sendo tratada como modelo, com toda a sua potencialidade, a equação química pode assumir papéis de mediadora entre as teorias e os fenômenos químicos, além de ser, ela mesma, instrumento de medida e fonte de conhecimento acerca dos fenômenos (MORGAN; MORRISON, 1999).

Historicamente, foi Jean Beguin (em 1615, no seu *Tyrocinium Chemicum*, um tipo de manual de laboratório para iniciantes em Química) quem primeiramente fez um esforço no sentido de representar o que hoje chamamos comumente de equação química (CROSLAND,

1959). O protótipo de equação química desenvolvido por Beguin, figura 5, a seguir, representa a reação que ocorre quando o sublimato de mercúrio (cloreto de mercúrio II), supostamente formado por mercúrio e espírito vitriólico (ácido clorídrico), é aquecido em presença de antimônio (sulfeto de antimônio), formado por régulo de antimônio e enxofre (IZQUIERDO; ADÚRIZ-BRAVO, 2005; IZQUIERDO, 2003).

Figura 5 – Representação de Jean Beguin: um protótipo para equação química.



Fonte: Crosland (1959, p. 76)

Atualmente, acerca das equações químicas, é comumente dito e repetido que são as representações simbólicas das reações químicas. Em geral, esta é a única definição de equação que os(as) estudantes têm acesso, embora este seja um tema recorrente ao longo de sua vida escolar e acadêmica. Professores e livros didáticos utilizam as fórmulas das substâncias, algo que certamente já terá sido estudado em momentos anteriores, às vezes informando o estado de agregação de seus constituintes.

Além disso, constroem um algoritmo que será o padrão para todas as equações: $A + B \rightarrow C + D$, em que A e B constituem os reagentes, enquanto C e D são os produtos da reação, a seta indica o sentido da transformação e o sinal gráfico “+” deve ser compreendido como uma indicação de que as substâncias estão em contato umas com as outras, no mesmo recipiente (e não, necessariamente, como um símbolo matemático de adição). Dependendo do que se queira analisar ou representar, a seta reacional pode ser substituída por uma dupla seta (\rightleftharpoons), que indica a reversibilidade do fenômeno.

Os estados de agregação das substâncias ou o meio de dispersão dos íons (com os símbolos colocados entre parêntesis após a fórmula da substância), bem como a presença de catalisador, temperatura e pressão também podem ser informados. Nas equações usadas para a representação de fenômenos termoquímicos, a informação sobre a quantidade de energia envolvida também deverá aparecer.

4.2 Relação Triádica: Teoria \rightleftharpoons Equação Química \rightleftharpoons Reação Química

A compreensão da relação triádica entre teoria, equação química e reação química apresentada segue a orientação da visão Modelomediadora (MORGAN; MORRISON, 1999), ou seja, nos referimos a três coisas diferentes, sendo um dos papéis da equação química estabelecer a importante conexão entre o que dizem as teorias e o que se verifica nas atividades empíricas de transformação da matéria, mas não apenas isso.

Assumimos, aqui, que **as equações químicas são modelos** e, como tal, são **artefatos construídos para proporcionar a obtenção de conhecimento** (KNUUTTILA, 2011). Agindo como modelos as equações químicas podem cumprir, tanto na sua construção, quanto no seu uso, de acordo com o objetivo que se almeja, diversos papéis epistêmicos: representantes das reações químicas, mediadoras entre as teorias e as reações químicas, instrumentos de medida, fontes de conhecimentos ou mesmo substitutas das reações químicas (MORGAN; MORRISON, 1999).

A reação química é considerada como um tema central e integrador no estudo da Química (MENESES, 2015; MENDES, 2011; CHAGAS, 2009; NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007). **Dependendo do aspecto da reação que se deseja estudar, teorias diversas são mobilizadas para dar conta da explicação do fenômeno** (teoria cinética dos gases, teoria eletrônica nas reações redox, teorias de Arrhenius, Brönsted-Lowry e Lewis, teoria das colisões, lei da conservação da massa, lei das proporções definidas etc.) e **é justamente quando se constrói a equação química que muitas dessas assunções teóricas são aplicadas aos fenômenos**.

As equações químicas devem ser balanceadas. Isso significa que a construção da equação deve levar em conta o conhecimento acerca da Lei da Conservação da Massa que, resumidamente, enuncia que a massa total dos reagentes é igual à massa total dos produtos. Considerando que as massas das substâncias são o resultado das massas dos átomos que formam seus constituintes elementares, então se deve garantir a igualdade das quantidades daqueles átomos nos reagentes e nos produtos. Assim, quando balanceada, a equação informa as proporções de reagentes e produtos que tomam parte no fenômeno, constituindo-se numa ponte importante entre o que é observável (as mudanças nas propriedades das substâncias, por exemplo) e o que é inobservável (os constituintes elementares e as relações entre as suas quantidades naquele fenômeno). **Neste momento de sua construção e uso, por exemplo, a equação química, funcionando como modelo, demonstra algumas de suas qualidades epistêmicas: ao representar o fenômeno, ao agir como mediadora entre a teoria que**

informa a igualdade das massas e o fenômeno que está representado naquele algoritmo, ao substituir o próprio fenômeno para a verificação da Lei da Conservação da Massa e ao estabelecer uma ponte entre as dimensões macroscópica (propriedades) e submicroscópica (constituintes) do próprio fenômeno.

Uma vez balanceada a equação, os coeficientes obtidos podem ser interpretados de duas maneiras, dependendo do objetivo da utilização da equação. Por exemplo, numa equação balanceada como a que segue: $1 \text{ N}_2(\text{g}) + 3 \text{ H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NH}_3(\text{g})$, os coeficientes 1, 3 e 2 podem ser considerados num sentido macroscópico ou submicroscópico. Macroscopicamente, leremos a expressão como “1 mol de gás nitrogênio reage com 3 mols de gás hidrogênio, formando, num processo reversível, 2 mols de gás amônia”. Já num sentido submicroscópico, a leitura seria “1 molécula de nitrogênio colide com 3 moléculas de hidrogênio e há a formação de 2 moléculas de amônia, num processo reversível”. Assim considerando, o **mol** é o conceito-chave que torna possível sair de uma descrição submicroscópica para uma descrição macroscópica (LAUGIER; DUMON, 2003; BARLET; PLOUIN, 1994).

Usando o poder representacional da equação química, podemos escrevê-la a partir dos nomes das substâncias, ou das suas fórmulas químicas (TABER, 2002). No primeiro caso, a equação descrita mobiliza apenas os aspectos macroscópicos, ou seja, as substâncias envolvidas no fenômeno. Um exemplo seria uma equação descrita como: magnésio metálico + gás oxigênio \rightarrow óxido de magnésio. O foco desta representação é a transformação das substâncias magnésio metálico e gás oxigênio, em óxido de magnésio. Obviamente, uma descrição neste nível não nos permite verificar a conservação da massa, nem fazer análises quantitativas.

No entanto, ao escrever as equações químicas a partir das fórmulas químicas das substâncias, podemos representar tanto a substância (num sentido macroscópico), quanto o constituinte desta substância (por exemplo, uma molécula, num sentido submicroscópico). A mesma equação escrita anteriormente, aplicando as fórmulas das substâncias poderia ser escrita como: $2 \text{ Mg}(\text{s}) + 1 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ MgO}(\text{s})$. Neste caso, verificamos que as espécies Mg e O, que devem aparecer tanto nos reagentes quanto nos produtos, apresentam as mesmas quantidades em ambos os lados da equação. Isso nos permite verificar a aplicação da lei da conservação da massa e, ainda, realizar análises quantitativas.

Se quisermos proceder a uma análise quantitativa das substâncias presentes na reação, como no cálculo estequiométrico, por exemplo, é mais útil pensar os coeficientes em termos macroscópicos (mol). Isso torna possível a conversão em massa, ou em volume, de acordo com o que se quer conhecer. Por outro lado, se o objetivo é analisar as ligações que se

rompem e se formam, pode ser mais interessante pensar os coeficientes em termos de constituintes, ou seja, no nível submicroscópico. Desta forma, demonstra-se o caráter pragmático que Giere (2004) atribui aos modelos, quando afirma que S usa X para representar W com um propósito P, em que S é o sujeito (professor, no caso), X é a equação química (modelo), W é a reação química (fenômeno) e P é o objetivo que ele quer alcançar com o uso do modelo (que, no caso, pode ser o estudo macroscópico ou submicroscópico do fenômeno).

Por outro lado, a partir das contribuições de Morgan e Morrison (1999) e Giere (2004), podemos interpretar as equações químicas como versões idealizadas ou abstratas das reações químicas. No entanto, um erro geralmente cometido por professores, estudantes e autores de materiais didáticos é considerarem que a fórmula química encerra as propriedades da substância e, assim, transferirem aquelas propriedades para os constituintes (LAUGIER; DUMON, 2004; FERNANDEZ-GONZÁLEZ, 2013; TABER, 2002). As fórmulas químicas designam um objeto idealizado e, conseqüentemente, ao construirmos as equações químicas utilizando aquelas fórmulas devemos ter em mente que, da maneira descrita pela equação, o fenômeno só poderá ocorrer em condições também idealizadas. Para Fernandez-González (2013, p. 1734):

(...) se o estudo é acerca de uma reação química real, a situação é idealizada com a intervenção das substâncias puras em condições ideais. Desta forma, o fenômeno é transformado num sistema físico, que é o verdadeiro ponto de partida da investigação. Uma vez instalado no campo conceitual, possibilidades são testadas e um modelo é desenhado, adequando o sistema à estrutura da teoria (por exemplo, a teoria eletrônica das reações redox). O processo finaliza com a verificação do modelo, normalmente no campo empírico (...), em outras palavras, no laboratório, com produtos químicos e condições controladas.

Compreendemos a transformação do fenômeno num sistema físico no sentido atribuído por Suppe (1989), ou seja, no estudo das reações químicas não estamos preocupados com toda a complexidade do fenômeno, mas apenas com certos comportamentos que podem ser abstraídos da própria reação, sob certas condições, e que nos permitem caracterizar como o fenômeno se comportaria naquelas condições. Desta forma, por exemplo, a mudança de cor, embora seja importante para a visualização da ocorrência de uma reação, pode não fazer parte do sistema físico porque o que se quer conhecer prescinde aquela característica organoléptica. Desta forma, abstraímos da reação química apenas aquilo que contribui para um conhecimento específico, em condições idealizadas, e descrevemos na forma de uma equação química.

Além disso, a utilização descrita por Fernandez-González coloca a equação química como assumindo mais um dos papéis que Morgan e Morrison (1999) atribuem aos modelos, qual seja, a de funcionar eles mesmos como fontes do conhecimento ou, em suas palavras, “o

verdadeiro ponto de partida da investigação”. Isto não significa que os professores devem prescindir das atividades de laboratório, nem justifica o uso irrestrito, irrefletido ou tácito da equação química como um algoritmo a ser memorizado, pelo contrário, como afirmam Barlet e Plouin (1994, p. 28), “As equações químicas possuem diversas dificuldades peculiares à Química, além de uma questão didática subestimada”. Desta forma, entendemos que a construção e uso das equações químicas devem ser problematizados para que os(as) estudantes percebam que estão, naquele momento, manipulando modelos e aprendendo com eles.

4.3 As Equações Químicas no Ensino de Química

As equações químicas permeiam toda a vida acadêmica do estudante, de modo que consideramos essencial que haja discussões acerca de seu ensino. Descrevendo uma atividade desenvolvida com estudantes do primeiro ano do ensino médio, durante o seu curso de doutorado, Machado (2000, p. 41) elaborou o seguinte comentário acerca das equações químicas:

A partir da dinâmica discursiva na qual a professora registra, aceita contribuições, solicita outras e dirige o foco das atenções, as relações entre o que se destaca do fenômeno para ser registrado e seu registro sob forma de equação química vão configurando-se. No caso das equações químicas há uma estreita relação entre o registro e uma certa forma de pensar o fenômeno. Este tipo de destaque vai apontando para o fato de que a equação química não é um mero conjunto de fórmulas, mas ponto de partida e de chegada de uma certa forma por meio da qual a Química pode falar do mundo.

Interessante perceber nas palavras de Machado que a sua visão de equação química como “ponto de partida e de chegada de certa forma por meio da qual a Química pode falar ao mundo” se adequa à interpretação que Morrison (2015, p. 120) atribui aos modelos: “o próprio modelo, mais do que o sistema físico, é a coisa a ser investigada”. No entanto, este “falar ao mundo”, de acordo com diversos pesquisadores do ensino de Química, não acontece de forma amistosa, mas revela diversas dificuldades tanto de ensino, quanto de aprendizagem (MENESES, 2015; RIBEIRO, 2008; NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2007, 2006; LAUGIER; DUMON, 2004, 2003, 2000; ÖZMEN; AYAS, 2003; TABER, 2002; MALDANER; PIEDADE, 1995), dentre as quais destacamos três: a própria interpretação da equação química, a transição entre os níveis macroscópico e submicroscópico e o uso de múltiplas formas representacionais. Para Ribeiro (2008, p. 3):

É importante conhecer o fenômeno (componente ontológica do pensamento) e como este se relaciona com ideias na razão (componentes epistemológica e metodológica). (...) as principais dificuldades que se apresentam na Química se devem a

incompreensões nas interpretações macroscópica e/ou microscópica dos fenômenos químicos e, também, a falta de relações entre estes níveis de interpretação da matéria. Esta dúbia interpretação dos fenômenos químicos tem sido assinalada pela literatura como fonte de obstáculos subjacentes às dificuldades que se apresenta no ensino de Química. (...) são persistências de concepções de senso comum e ausência da “consciência microscópica”. Atribuem comportamento macroscópico às partículas, consideram que partículas fundem, evaporam, dissolvem, contraem, dilatam, têm cor, etc..., dificilmente aceitam a ideia de que não exista “algo” entre as partículas; acreditam que entre as partículas de um gás tem ar; átomos em metais são duros e dos líquidos são maleáveis (...); concepções estáticas da matéria. Pensam que, habitualmente, as partículas estão em repouso. Na tabela periódica são considerados conceitos de camadas, valências características de átomos e também propriedades coletivas como ponto de fusão, densidade. Desta relação de superveniência, dos diferentes níveis de descrição e análise da Química, origina a necessidade de modelos como recurso metodológico de explicação. (...) Muitos problemas de aprendizagem em Química podem ser caracterizados por uma “confusão de modelos”.

Nery, Liegel e Fernandez (2007), analisaram as respostas de estudantes a uma questão de um Concurso Vestibular. Esta questão pedia que os estudantes representassem o processo através da equação da dissociação, em meio aquoso, do nitrato de potássio e, em seguida, construíssem um modelo que representasse as interações que estavam se estabelecendo entre as espécies químicas presentes na solução. A maior parte dos estudantes soube escrever a equação química, mas poucos foram capazes de fazer uma representação adequada acerca das interações que estavam acontecendo, o que lhes revelou um cuidado com a memorização do algoritmo, sem necessariamente ter noção do que aquilo significa.

Outro problema comum aos estudantes que iniciam o estudo da Química, ao se depararem com o termo **equação química**, é a confusão com a interpretação de equação promovida pela matemática, que envolve igualdade entre dois termos (ou membros). Laugier e Dumon (2004), relatando uma pesquisa com estudantes franceses tanto de nível secundário, quanto universitários, demonstram que para a questão: “imagine uma reação entre gases, sendo seus volumes medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão: 1 L de composto X + 1 L de composto Y \rightarrow 1 L de composto Z. Tal reação é possível?”, apenas 10 % dos(as) estudantes responderam satisfatoriamente, enquanto a maioria dos(as) estudantes entendeu que a relação deveria ser “1 + 1 = 2”, ou seja, deveria formar 2 L do composto Z. Na análise dos dados de sua pesquisa, Laugier e Dumon (idem, p. 328 e 337), citando uma pesquisa anterior, afirmam que:

A maioria dos(as) estudantes diz que na escola eles gastam muito tempo escrevendo equações de reações com fórmulas. No entanto, acreditam que podem balancear uma equação química porque é uma operação que requer uma aritmética simples, mas, no caso deles, esta habilidade não significa que compreendem o que é uma equação química.

(...) Nós podemos entender o seguinte comentário de um estudante: ‘as equações são muito abstratas para mim. Vejo um movimento de números e letras que não significam nada’.

A interpretação adequada de uma equação química requer um conhecimento minimamente adequado acerca dos conceitos de reação química, substância, composição da matéria, nomenclatura química (regras para estabelecimento de nome de substância e de fórmula química), quantidade de matéria, átomo, molécula, íon, ligação química, estado de agregação, mudança de fase, soluções, entre outros que podem ser empregados de modo menos frequente em uma equação química. Além disso, também requer uma correta interpretação do significado dos termos **índice** e **coeficiente**, o que tem representado um grande problema para os(as) estudantes (LAUGIER; DUMON, 2004), e a própria compreensão da Lei da Conservação da Massa, fundamental para a construção das equações.

Sendo um modelo do fenômeno químico, a equação química revela o seu papel mediador quando alguém a utiliza para relacionar as informações experimentais às entidades propostas pelas teorias. Machado (2000, p. 40), continua:

É interessante ressaltar que a representação por equações químicas preserva inclusive este aspecto do fenômeno, ao representar o estado físico das substâncias. Ou seja, é importante para o registro essa passagem das soluções para as substâncias, mas a própria representação, em algum momento, pode recuperar essa ideia de que se trata de soluções. Há, neste sentido, uma certa tradução da linguagem descritiva do fenômeno para a linguagem sintética da equação. Essa tradução é seletiva, pois simplifica ao traduzir, não inclui tudo, não inclui a cor, a luz. Mas, pedagogicamente, parece importante que os alunos percebam essa possibilidade de transitar entre esses dois gêneros: a descrição do fenômeno e a equação química.

Transitar entre a descrição do fenômeno (abordar seus aspectos macroscópicos) e a construção da equação química, que envolve uma transformação da reação em um sistema físico e sua consequente modelagem na forma de equação química não é algo trivial, conforme ressalta Barlet e Plouin (1994, p. 29):

É somente por meio de um processo de conceituação relativamente complexo que o balanceamento da equação explica a observação experimental macroscópica em uma grande escala de entidades moleculares. Mas se alguém quer ir além do balanço material para dar sentido à equação da reação, é necessário recorrer ao nível atômico e molecular. Em seguida, passamos da observação, onde a matéria é contínua, para a modelagem, onde a matéria é descontínua. Esta transferência do observável para modelável, de contínua a descontínua implica uma capacidade real de abstração.

Da identificação de reagentes e produtos à medida experimental de suas massas e/ou volumes, a equação de reação só pode ter um significado preciso e complexo pela mobilização do pensamento estruturado, capaz de tornar o invisível tanto inteligível como coerente.

Quando os(as) estudantes olham para uma equação química, interpretam como um conjunto de letras, números e sinais, ao invés de um processo que envolve ruptura e formação

de ligações químicas (MENESES, 2015; LAUGIER; DUMON, 2004). Este problema está relacionado à dificuldade que os(as) estudantes apresentam em relacionar os níveis macroscópico e submicroscópico das transformações químicas. Para Meneses (2015, p. 49):

Existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, pois dificilmente possuem competências ou recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração, como é o caso do nível submicroscópico.

Este é um problema que se estende quando a compreensão do fenômeno químico envolve a construção de equações químicas que explicitam os íons em solução, ou que envolvem relações iônicas que não estão exatamente explicitadas (NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2006).

Neste ponto, outra discussão pode surgir: embora o conceito largamente utilizado de equação química seja a que ela representa uma reação química, nem sempre ao escrevermos a equação estamos, de fato, representando uma reação possível. Devido à mecanização, fruto da simples memorização algorítmica, estudantes e professores podem escrever, sem reflexão, a equação química $\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{NaCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{NaNO}_3(\text{aq})$, como representando uma reação entre o nitrato de potássio e o cloreto de sódio, produzindo cloreto de potássio e nitrato de sódio. No entanto, considerando que os referidos reagentes são solúveis em água, bem como os produtos citados, espera-se que não as substâncias, mas os íons que as formam estejam em contato, de forma que a equação deveria ser assim escrita: $\text{K}^{1+}(\text{aq}) + \text{NO}_3^{1-}(\text{aq}) + \text{Na}^{1+}(\text{aq}) + \text{Cl}^{1-}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}^{1+}(\text{aq}) + \text{Cl}^{1-}(\text{aq}) + \text{Na}^{1+}(\text{aq}) + \text{NO}_3^{1-}(\text{aq})$. Observando que todos os íons permanecem inalterados, dever-se-ia concluir que não houve reação química, pois não houve formação de novas substâncias (num sentido macroscópico), ou de novas ligações (num sentido submicroscópico).

Verifica-se tal mecanização também com as reações de neutralização, envolvendo um ácido e uma base, que frequentemente são representadas por equações que mostram mais do que o próprio entendimento da reação permitiria conceber. Por exemplo, para a neutralização do ácido clorídrico pelo hidróxido de sódio, é comum utilizar-se a equação: $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Sabe-se que tanto o HCl, quanto o NaOH são solúveis em água, o que nos faz pensar que deveríamos utilizar as representações dos íons em solução, bem como o NaCl, que na equação está indicado como um dos produtos. Como os íons $\text{Na}^{1+}(\text{aq})$ e $\text{Cl}^{1-}(\text{aq})$ não sofreriam qualquer modificação, as suas aparições, como representação da reação, seriam dispensáveis. Assim, a equação (para representar a reação) seria escrita da seguinte forma: $\text{H}^{1+}(\text{aq}) + \text{OH}^{1-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Estariam as duas formas não iônicas escritas acima erradas? Não, necessariamente. Se considerarmos as equações como modelos, no sentido que adotamos aqui, devemos compreender que elas podem representar as reações químicas (e, assim, no primeiro caso, uma equação seria inadequada por não haver reação química entre aqueles reagentes, e, no segundo caso, a representação adequada seria a forma iônica com produção de água líquida). No entanto, as equações, como modelos, também podem ser utilizadas para outras finalidades, como permitir a verificação da Lei da Conservação da Massa (TABER, 2009), o que, no caso da reação entre o ácido clorídrico e o hidróxido de sódio, por exemplo, pode ser mais simples para determinada plateia a compreensão a partir da equação não iônica (TABER, 2009; LAUGIER; DUMON, 2004).

Da mesma maneira, nas várias disciplinas que compõem o currículo de Química, a construção, bem como o uso da equação química irá depender do que se quer conhecer acerca do fenômeno, ou do objetivo que se quer alcançar com a sua explicação. Assim, para um mesmo fenômeno como, por exemplo, a cloração do butano a partir da reação entre o butano e o gás cloro, em condições adequadas, o professor de Química Geral que quer realizar o cálculo da quantidade de 2-clorobutano produzido poderá utilizar a equação química: $C_4H_{10} + Cl_2 \rightarrow C_4H_9Cl + HCl$, em que as substâncias orgânicas são escritas com suas fórmulas moleculares, enquanto o professor de Química Orgânica que quer estudar o mecanismo de substituição do hidrogênio do butano pelo cloro, deverá utilizar a equação a partir das fórmulas estruturais das substâncias reagentes, a fim de demonstrar qual o hidrogênio que será preferencialmente substituído, a partir de determinadas assunções teóricas, em condições adequadas e em presença de certos catalisadores.

Embora relacionados ao mesmo fenômeno, as formas como as equações químicas podem ser apresentadas são diferentes e, portanto, devem proporcionar acesso a diferentes tipos de conhecimentos e isto também deveria ser problematizado nos diversos espaços de ensino de Química, sobretudo ao longo da formação inicial dos professores. De acordo com Dumon e Laugier:

As equações químicas apresentam diversas visões. Baseiam-se no explícito e sugerem o implícito. Pressupõem muitas noções sobre como uma reação acontece e o professor frequentemente pula de uma forma para outra sem menciona-la. (LAUGIER; DUMON, 2004, p. 330).

Ditas todas estas coisas, como será que o(a) estudante de Licenciatura em Química, futuro(a) professor(a), compreende a natureza, o uso e as abordagens acerca das equações químicas ao longo de seu curso de formação?

5

A CONSTRUÇÃO E O TRATAMENTO DO *CORPUS*

Nossa pesquisa tem como objetivo **compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas na sua formação inicial**, considerando as dimensões ontológica, epistemológica e pedagógica das equações químicas e, a partir daí, argumentar em favor da necessidade de se discutir uma visão mais ampla das equações químicas (que supere a ideia de representação da reação) nas disciplinas específicas da formação inicial de professores de Química. Para alcançar este objetivo, levantamos **três questões** fundamentais que nortearão toda a análise dos dados produzidos, uma para cada dimensão proposta: (1) dimensão ontológica: **o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?** (2) dimensão epistemológica: **como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?** (3) dimensão pedagógica: **como são abordadas as equações químicas na formação inicial?**

A partir da dimensão ontológica pretendemos compreender como os(as) estudantes concebem a natureza dos modelos, em geral, e das equações químicas, em particular (o que são e como são construídos). A dimensão epistemológica envolve a compreensão acerca de como os(as) estudantes percebem o uso das equações quando mobilizadas para prover explicações nas disciplinas específicas de Química. Por fim, a dimensão pedagógica pretende revelar se há, ou não, discussões acerca da construção/uso das equações químicas, como modelos das reações químicas, nas disciplinas específicas do curso.

Compreendemos, por um lado, que um conhecimento adequado acerca das equações químicas supõe certa visão de sua natureza, construção e uso, de tal maneira que as dimensões ontológica e epistemológica se tornam indissociáveis e interdependentes. Por outro lado, entendemos que é na formação inicial que devem surgir, de forma sistemática, as discussões que possibilitarão aos(às) estudantes o desenvolvimento de uma visão adequada das equações. Deste modo, afirmamos que as dimensões ontológica e epistemológica, importantes e indissociáveis, são levadas em consideração quando pensamos numa dimensão pedagógica das equações químicas.

No capítulo 1 procuramos delinear a proposta teórico-metodológica que embasou esta pesquisa, desde a seleção e abordagem dos referenciais até a escolha das técnicas de produção e análise dos dados. Naquele capítulo expusemos o que compreendemos por **concepção**, explicitamos a nossa filiação ontológica e epistemológica e apresentamos a perspectiva interpretativista – aliada a uma atitude fenomenológico-hermenêutica – como meio para construir o texto que se apresenta.

Na perseguição do objetivo proposto, nos identificamos com algumas posições teórico-metodológicas propostas por Gamboa (1999) e Michel Crotty (1998), e no que se

refere, mais especificamente, à natureza qualitativa da pesquisa e às técnicas de **construção dos dados**, dialogamos também com Chaer *et al* (2011), González Rey (2010), Denzin e Lincoln (2007), André (2001), Luna (2000), Bogdan e Biklen (1998) e Guba e Lincoln (1994). As respostas às questões norteadoras foram encontradas a partir de processos de desconstrução e reconstrução dos dados produzidos a partir do questionário e das entrevistas semiestruturadas, orientados pela Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2013).

Neste ponto do texto, pretendemos abordar a parte empírica da pesquisa: o contexto e os métodos utilizados para a produção e tratamento dos dados. Com isso, esperamos perceber as impressões dos sujeitos acerca das questões que lhes foram propostas e preparar o material que nos permitirá caracterizar o que considerarmos como concepções dos(as) estudantes.

5.1 O Contexto da Pesquisa

A Universidade do Estado da Bahia, UNEB, é a maior instituição pública multicampi da Bahia e uma das maiores do Brasil: ao todo, são 24 campi distribuídos em todas as regiões geográficas do estado. O Campus I (Salvador), onde executamos a aplicação dos instrumentos de **construção dos dados**, fica localizado no bairro do Cabula e foi o primeiro campus implantado da Universidade, alojando os Departamentos de Educação (DEDC), Ciências Humanas (DCH), Ciências da Vida (DCV) e o de Ciências Exatas e da Terra (DCET), onde funciona o curso de Licenciatura em Química (BAHIA, 2009).

O DCET originou-se do antigo Centro de Educação Técnica do Estado da Bahia (CETEBA) com o Decreto Governamental nº 7.223, de 20 de janeiro de 1998 (BAHIA, 2009). Atualmente oferece os cursos de Design (Bacharelado); Engenharia de Produção Civil (Bacharelado); Sistemas de Informação (Bacharelado); Urbanismo (Bacharelado); Química (Licenciatura) e é onde está vinculado o Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada (PGQA).

A Escolha da UNEB como local de aplicação dos instrumentos ocorreu por dois motivos: primeiro, porque foi nossa casa pelos anos de graduação, quando o DCET ainda era o CETEBA e o curso era, então, denominado “Graduação de Professores para a Parte de Formação Especial do Currículo do Ensino de 2º. Grau com Habilitação em Química Aplicada”. O outro motivo para a escolha da UNEB foi circunstancial: quando o objeto de pesquisa é constituído por (ou envolve) pessoas, dependemos grandemente das disponibilidades delas para participarem da pesquisa. Foi justamente na UNEB que encontramos esta disponibilidade, que se adequava às nossas necessidades e possibilidades.

A partir da indicação de uma colega, entramos em contato com a professora que lecionava a disciplina **Conteúdos de Química para o Ensino Médio**, componente curricular do **sexto semestre**, de acordo com a matriz curricular do curso de Licenciatura em Química (BAHIA, 2009). A **ementa** para esta disciplina prevê, numa carga horária de **60 horas**, a abordagem dos seguintes temas: Estrutura e apresentação de conteúdos teóricos e práticos da Química ministrados no ensino médio; Adaptação de material de baixo custo no processo de ensino-aprendizagem; Análise crítica de conteúdos teóricos e práticos de Química para o ensino médio. Para cursar esta disciplina, os pré-requisitos são Química Orgânica I e Didática.

Ao todo, no período em que aplicamos o questionário e as entrevistas, estavam matriculados na disciplina 12 estudantes. Embora a disciplina seja um componente do sexto semestre, havia certa heterogeneidade dos(as) estudantes em relação ao tempo de curso decorrido: alguns cursavam, de fato, o sexto semestre, mas outros estavam já remanescentes, ou seja, já cursavam semestres posteriores e estavam pagando a disciplina.

Dos 12 estudantes matriculados, apenas 10 estavam presentes no dia marcado para a aplicação do questionário. Dos 10 que responderam ao questionário, 8 aceitaram participar das entrevistas mas, devido a diversas dificuldades de acomodação das agendas, apenas 5 participaram efetivamente das entrevistas.

A fim de preservar as identidades dos(as) participantes da entrevista, usamos **nomes fictícios** (Ana, Bob, Carla, Duda, Edson, Fran, Graça, Hilda, Iana e Júlia) ao nos referirmos a eles e elas. Destes, Iana e Júlia optaram por não participar do momento das entrevistas, que acabou contando com apenas 5 participantes (Ana, Bob, Duda, Edson e Hilda). Infelizmente, não conseguimos, por diversos motivos, adequar os dias e horários para entrevistarmos Carla, Fran e Graça.

5.2 Os Métodos para a Construção dos Dados

Em primeiro lugar, é necessário que façamos uma breve justificativa: partindo do princípio de que **compreender as concepções é interpretar as interpretações**, e baseado em nossas acepções ontológicas, epistemológicas e teórico-metodológicas para esta pesquisa, num sentido construcionista (GERGEN, 2009; CROTTY, 1998) entendemos que **os dados que emergirão da aplicação dos instrumentos de pesquisa não estão no campo, prontos para serem colhidos, mas são construídos nas interações necessárias entre o pesquisador e os sujeitos pesquisados**. Sendo assim, preferimos utilizar o termo **construção dos dados** ao invés do já largamente utilizado (e, acreditamos, de forma acrítica e irrefletida) coleta de

dados. Moraes e Galiuzzi (2013) e Crotty (1998), trazem importantes contribuições neste sentido:

Costuma-se denominar de dados o “corpus” textual da análise. Assumindo, contudo, que todo dado torna-se informação a partir de uma teoria, podemos afirmar que “nada é realmente dado”, mas tudo é construído. (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 17).

(...) toda realidade, como realidade significativa, é socialmente construída. Uma cadeira deve existir como um objeto fenomênico, a despeito de qualquer consciência acerca de sua existência. No entanto, somente existirá como ‘cadeira’ se os seres conscientes construírem aquilo como uma ‘cadeira’ e, desta forma, ela é construída, sustentada e reproduzida por meio da vida social (CROTTY, 1998, p. 55).

Além disso, embora pareça apenas uma questão semântica sem muita importância, entendemos que o termo **coleta** nos remete à ideia de que há algo pronto, definido, apenas esperando que alguém se disponha a se apropriar. Não seria esta ideia muito semelhante a uma visão positivista da ciência, da descoberta das verdades que já estão postas na natureza por meio da observação rigorosa e a mínima interferência do observador? No entanto, nossa pesquisa se fundamenta em algo radicalmente diferente: nem o pesquisador é um mero observador, nem o fenômeno está absolutamente claro para ser apenas observado. Coleta, portanto, é um termo que não se aplica ao que nos propomos a fazer nesta pesquisa.

Feita a justificativa a respeito do uso do termo, voltamos nossa atenção aos métodos que nos permitem interagir com o campo de pesquisa e construir as informações que serão analisadas.

A atitude fenomenológico-hermenêutica sobre a pesquisa, ao requerer uma interação entre o pesquisador e os sujeitos pesquisados, exige a utilização de métodos que permitam tal interação. A escolha do(s) método(s) que serão aplicados, no entanto, depende do objetivo que se pretende alcançar. De acordo com Crotty (1998, p. 3), métodos são “técnicas ou procedimentos usados para obter e analisar dados relacionados à questão de pesquisa, ou hipótese”. Os dados provenientes das aplicações das técnicas comporão o *corpus* (MORAES; GALIAZZI, 2013; HOFFNAGEL, 2001).

Acerca do *corpus*, Moraes e Galiuzzi (2013) entendem que são produções linguísticas que expressam discursos sobre diferentes fenômenos. Estas produções podem ser lidas, descritas e interpretadas, permitindo a construção de múltiplos sentidos. Outra contribuição importante é encontrada em Biber (1998 *apud* HOFFNAGEL, 2001, p. 2):

Um *corpus* não é simplesmente uma coleção de textos. (...) O desenho apropriado de um *corpus* depende do que se quer que ele represente. A representatividade do *corpus*, por sua vez, determina os tipos de problemas que podem ser pesquisados e a possibilidade de generalizar os resultados da pesquisa.

5.2.1 A resposta escrita e a resposta oral: considerações para a escolha das técnicas.

Escrever e falar são dois movimentos que, embora muitas vezes relacionados, são diferentes, pois envolvem diferentes mobilizações do pensamento (COSTA; PEREIRA, 2009). A resposta escrita e a resposta oral, mesmo que se refiram a uma mesma pergunta, certamente conterão elementos característicos de cada processo que afetarão a maneira como o pesquisador procederá à interpretação.

A partir de nosso entendimento das contribuições de Marcuschi e Dionísio (2007), consideramos que o indivíduo consciente, ao escrever um texto, tende a tomar cuidado com as palavras, refletindo antes de escrevê-las e tendo a oportunidade de corrigi-las enquanto ainda estiver no processo de resposta. Ao apagar uma palavra e escrever outra em seu lugar, o sujeito não se expõe ao pesquisador, nem precisa justificar a troca dos termos, e as respostas escritas do sujeito passam a representá-lo a partir do momento que sai de sua posse. O pesquisador tem acesso, portanto, ao texto editado, àquilo que o sujeito respondente permitiu que se lhe chegasse às mãos.

Por outro lado, ao responder de forma oral e diante do pesquisador, o sujeito pode ter maior liberdade para se expressar, uma vez que além das palavras, o gestual acompanha a resposta, tornando o momento de responder menos formal e mais leve. As substituições de palavras, ao contrário da forma escrita, ocorrem com certo truncamento e isso pode ser usado pelo pesquisador para aprofundar questões e dirimir as dúvidas. Ao falar, num contexto de interação pesquisador-pesquisado, o indivíduo tem a possibilidade de fazer incursões mais profundas em suas respostas e o pesquisador tem a oportunidade de, aproveitando as respostas dadas, promover outras perguntas, estabelecendo um importante diálogo que revelará impressões e interpretações acerca de cada item.

O *delay*, ou seja, o tempo decorrido entre o pensamento, o registro e a leitura, que envolve a resposta escrita, tende a não se observar na resposta oral, como observam Marcuschi e Dionísio (2007, p. 22):

Não é difícil perceber que o tempo da fala e da audição é o mesmo nas situações de diálogo face a face, ao passo que entre a escrita e a leitura dá-se uma defasagem temporal. Uma das consequências disso é a impossibilidade de revisão no caso da fala, e a sucessiva remodelação do texto na escrita. Daí a aparência de caos quando observamos a transcrição de um texto falado, já que tudo o que é produzido ao longo do tempo permanece. Na escrita, só resta o que o autor quer. Ele pode rever-se, selecionar outros itens lexicais, mudar a estrutura, cuidar do estilo, etc., sem que isso apareça na versão final. A edição da fala procede por correções, adendos e outras estratégias que se incorporam ao texto que está sendo produzido. O planejamento é quase simultâneo ao próprio surgimento da ideia a ser expressa. Na escrita, podemos ter troca de letras em erros de digitação e outros desse tipo sem que tenham o mesmo efeito que na fala.

Trazendo para esta discussão a questão da subjetividade inerente à pesquisa qualitativa, consideramos importante a contribuição de González Rey (2010, p. 51):

(...) o sentido em usar instrumentos diferentes permite ao sujeito deslocar-se de um sistema de expressão, qualquer que seja, e entrar em zonas alternativas de sentido subjetivo em relação àquela que concentrava sua atenção em outro instrumento. (...) Todo processo de expressão representa uma expressão particular de sentidos subjetivos que se organiza por meio deles e que necessariamente excluem zonas de experiência, as quais podem passar a ser significativas em sua expressão, caso o sujeito se situe em outro ângulo. É dessa característica subjetiva da expressão humana que se cria a necessidade de facilitar, por meio da metodologia, distintas vias de expressão do sujeito que facilitem seu trânsito por zonas diferentes de sua experiência, capazes de estimular sentidos subjetivos também diferentes.

A partir das considerações feitas para as diferenças entre as respostas orais e escritas (MARCUSCHI; DIONÍSIO, 2007), e entendendo que elas se complementam na construção das concepções atribuídas aos sujeitos pesquisados (GONZÁLEZ REY, 2010), escolhemos a aplicação do questionário, seguido de entrevista individual semiestruturada como métodos de acesso às impressões dos sujeitos e construção dos dados.

5.2.2 O questionário

Para González Rey (2010), os instrumentos escritos facilitam expressões do sujeito, permitindo ao pesquisador uma construção, a mais ampla possível, dos sentidos subjetivos e dos processos simbólicos que caracterizam a subjetividade dos indivíduos pesquisados. Dentre os diversos tipos de instrumentos escritos, o autor aponta para o **questionário** de tipo aberto como a técnica mais adequada para a pesquisa qualitativa porque “igual à entrevista, permite a expressão do sujeito em trechos de informação que são objetos do trabalho interpretativo do pesquisador” (p. 52). Ainda de acordo com González Rey (2010, p. 52), um questionário adequado à pesquisa qualitativa deve ser construído de acordo com as seguintes exigências:

- As perguntas são abertas e orientadas a facilitar a expressão ampla das pessoas estudadas; tais perguntas não estão orientadas a respostas, senão a construções dos sujeitos ao redor do tema tratado.
- As perguntas formam um sistema que responde a uma estratégia orientada a buscar diferentes aspectos de informação que se complementam entre si e que permitem uma representação abrangente do que se pretende conhecer pelo questionário.
- As perguntas combinam a busca por informação direta e indireta sobre o estudado. A informação direta aparece na tomada de posição intencional do sujeito em relação aos aspectos explícitos das perguntas, enquanto a informação indireta aparece nos elementos significativos da fundamentação das respostas.
- O número de perguntas é relativamente pequeno.
- O questionário não conduz a resultados concretos, mas a informações que se integram a outras fontes e instrumentos utilizados na pesquisa.

- A aplicação do questionário é utilizada somente depois que se desenvolveu um clima facilitador para a participação das pessoas envolvidas e depois que essas pessoas tenham assumido sua participação na pesquisa.

Entendemos, portanto, que um questionário bem elaborado, seguindo as exigências propostas por González Rey, poderia nos dar um primeiro acesso às impressões e interpretações dos sujeitos pesquisados acerca das questões que ensejaram a pesquisa, de forma que possamos conhecer tanto o perfil de cada sujeito, quanto suas impressões gerais acerca dos modelos, das equações químicas e da forma como foram vistas ao longo de sua formação.

Construímos, então, um questionário aberto composto por **dez itens**, sendo o primeiro referente aos dados pessoais dos sujeitos, enquanto os outros nove diziam respeito aos temas que consideramos importantes que os sujeitos se posicionassem: **modelos e equações químicas**. Cada item do questionário foi codificado (ex. 01-A, 02-A etc.) e consistiu de uma pergunta aberta para que o sujeito expressasse a sua opinião. Desta forma, dando voz aos sujeitos e permitindo que eles expressassem seus pontos de vista, alcançamos a primeira bateria de textos pertinentes ao que nos propomos nesta pesquisa: interpretar as interpretações.

A validação do questionário foi feita aplicando-o a dois estudantes do Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), recém-egressos do curso de Licenciatura em Química da UFBA, para verificação de possíveis inadequações nas questões e posterior ajuste.

Feitos os ajustes, entramos em contato com a professora da disciplina Conteúdos de Química para o Ensino Médio, em cuja turma foi aplicado o instrumento (conforme já informado no item 5.1 deste capítulo). Para tanto, nos foram disponibilizados 120 minutos do seu horário de aula. Antes da aplicação, foi explicado para os participantes o objetivo e a importância da pesquisa (e, conseqüentemente, da participação deles e delas) para o ensino de Química. Procedemos à leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ver anexo I), que eles assinaram antes de começar a responder ao questionário e abriu-se um breve momento para elucidação de dúvidas que eles ou elas pudessem ter. Em seguida o questionário foi distribuído e a turma foi orientada a não pedir maiores informações acerca de como responder. Ao todo, **10 estudantes responderam ao instrumento** e nos referiremos a eles e elas através de **nomes fictícios** (Ana, Bob, Carla, Duda, Edson, Fran, Graça, Hilda, Iana e Júlia).

Os itens do questionário procuraram atacar, dentro das três dimensões de análise que foram propostas (ontológica, epistemológica e pedagógica), os temas já citados anteriormente: modelos e equações químicas. Os itens 02-A a 05-A buscaram obter respostas referentes aos modelos científicos (o que são, como foram apresentados e discutidos na formação inicial e suas relações com as teorias e os fenômenos), enquanto os itens 06-A a 10-A se referiram, mais especificamente, às equações químicas e sua relação com as reações químicas. O quadro 2, a seguir, mostra os pressupostos que nortearam a construção de cada item do questionário.

Quadro 2 - pressupostos de cada item do questionário

Item	Questões / Pressupostos
01-A	Como é seu nome? Como poderemos entrar em contato contigo? <i>Identificar dos sujeitos da pesquisa. Em função da ordem de entrega das respostas dos questionários, a cada participante foi atribuído um código (de A a J).</i>
02-A	Se você tivesse que definir o que é um modelo científico, o que você diria? <i>Enxergar o modelo apenas como uma forma de ilustrar, elucidar ou visualizar os fenômenos pode configurar uma concepção meramente acessória dos modelos com o objetivo de facilitar a aprendizagem de algum conteúdo mais complexo.</i>
03-A	Cite alguns exemplos de modelos científicos usados para o ensino de Química. Como estes modelos foram discutidos nas aulas de Química ao longo do curso? <i>Informar se, e como, os modelos são trabalhados e discutidos ao longo da formação inicial, e em que momentos. Conforme discutido no Cap. 3, a literatura nos informa que é muito comum que os modelos sejam apresentados sem as devidas discussões acerca de sua construção e uso e, quando os professores falam explicitamente a palavra modelo, se referem aos modelos atômicos.</i>
04-A	O que você poderia nos falar acerca da relação dos modelos com as teorias? <i>Diversas pesquisas dão conta que a visão mais comum acerca dos modelos coloca-os como meras ilustrações ou apêndices das teorias. Esta posição concorda com a chamada visão sintática das teorias. Pouco comum é a visão de que os modelos integram as teorias, ou mesmo que podem ser construídos independentemente das teorias (como os modelos de dados, por exemplo).</i>
05-A	O que você poderia nos falar acerca da relação dos modelos com os fenômenos? <i>Perceber como os sujeitos relacionam os modelos com os fenômenos. Nossa hipótese é que aqui haverá um reforço da própria definição que é massivamente atribuída aos modelos: representação dos fenômenos, ou da realidade.</i>
06-A	Em suas palavras, como você definiria uma reação química? Cite um exemplo de reação. <i>Identificar que linha de pensamento dirige a definição (e, talvez, a compreensão) das reações químicas. Neste caso, há três caminhos possíveis: considerar as reações como transformações de substâncias (que consideramos como uma visão macroscópica), como rearranjo de entidades (que consideramos como uma visão submicroscópica), ou associando as duas coisas (que consideramos como uma visão mista, mais completa e, portanto, mais satisfatória). Nossa hipótese é que a forma como se compreende a reação química pode influenciar a forma como se percebe a equação química. Além disso, frequentemente se percebe em livros didáticos ou discursos de professores o uso da equação como reação química. Ao solicitar um exemplo de reação, pretendemos identificar se ocorre esta confusão com os sujeitos pesquisados.</i>
07-A	Em suas palavras, como você definiria uma equação química? Cite um exemplo de equação química. <i>A definição mais comum é que as equações são representações simbólicas das reações, mas entendemos que ela é mais do que isso.</i>
08-A	Em sua opinião, qual a relação entre as equações químicas e os fenômenos químicos?

	<i>Perceber como os sujeitos relacionam as equações químicas com as reações químicas. Nossa hipótese é que haverá um reforço da ideia de representação, mas esperamos que os sujeitos informem, de algum modo, que as equações não são as próprias reações.</i>
09-A	Como você interpreta a equação a seguir: $1 \text{ NaOH(aq)} + 1 \text{ HCl(aq)} \rightarrow 1 \text{ NaCl(aq)} + 1 \text{ H}_2\text{O(l)}$? <i>Perceber se os(as) estudantes conseguem identificar as partes componentes do algoritmo e qual a relação estequiométrica que eles mais identificam: 1 mol ou 1 molécula. Além disso, das quatro substâncias representadas na equação, três são solúveis em água, o que nos faz querer perceber se os(as) estudantes conseguem identificar este fato. Entendemos que a transição de uma forma agregada, como apresentada no problema, e uma forma iônica não é trivial e, apesar de se referirem ao mesmo fenômeno, constituem modelos diferentes.</i>
10-A	Em sua opinião, qual o papel das equações químicas na explicação acerca das reações químicas? <i>Perceber se, e como, os(as) estudantes relacionam a equação com a explicação do fenômeno.</i>

Fonte: o autor.

5.2.3 A entrevista semiestruturada

A entrevista tem sido uma das principais ferramentas para acessar informações dos sujeitos nas pesquisas qualitativas (GONZÁLEZ REY, 2010; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2010; DENZIN; LINCOLN, 2003; RAPLEY, 2001). Entrevistar é, acima de tudo, estabelecer um tipo **intencional** de diálogo (porque é idealizado e iniciado pelo pesquisador, que possui uma ou mais questões a ser respondidas) a fim de acessar informações relevantes. Assim, tão importante quanto as respostas que serão obtidas no uso do instrumento são as perguntas e a habilidade do pesquisador para formulá-las de maneira adequada, conduzindo o diálogo de forma confortável para seus entrevistados. Sobre isso, González Rey (2010) faz algumas considerações pertinentes:

O diálogo é um processo ativo que se trava entre o pesquisador e os sujeitos pesquisados e que deve ser acompanhado com iniciativa e criatividade pelo pesquisador, que deve ter paciência e empregar diversos recursos com as pessoas que apresentam dificuldades para envolver-se. (p. 47).

O diálogo é um sistema no qual os participantes se orientam em seu próprio curso e em que os aspectos significativos aparecem na medida em que as pessoas envolvidas avançam em suas relações. As coisas não estão, nem podem estar, definidas *a priori*, pois cada momento do processo pode representar uma diferente etapa de sentido subjetivo dos participantes, fato que demanda formas de expressão em conformidade com o sentido subjetivo experimentado nesse momento. Tal forma assumida pelo processo conversacional faz com que as intervenções do pesquisador, conforme mostramos, tenham também um caráter espontâneo e reflexivo em relação ao momento do diálogo. O pesquisador reflete, questiona, posiciona-se, enfim, mantém-se totalmente ativo no curso das conversações. (p. 50).

Apesar de 8 participantes do questionário terem se proposto a participar do momento da entrevista, pudemos contar com a presença e participação efetiva de apenas 5 estudantes (Ana, Bob, Duda, Edson e Hilda – nomes fictícios).

As entrevistas ocorreram em locais previamente reservados e combinados na própria UNEB, mais especificamente nas dependências do prédio 14 (com exceção da quinta entrevista que, por conveniência do próprio estudante ocorreu no Instituto de Física da UFBA, tendo sido disponibilizada a sala de reuniões) e tiveram duração média de sessenta minutos. As participações dos(as) estudantes foram captadas tanto em áudio, com o uso de um aplicativo de *smartphone* específico para esta função, quanto em vídeo, com o auxílio de uma *webcam*, um *notebook*, um *software* de gravação de imagens e um *headset* com microfone. Apesar de uma dificuldade inicial em reservar salas de aula, em virtude de ser um período de avaliações finais do semestre letivo, as entrevistas transcorreram sem problemas.

Sendo semiestruturada, as entrevistas foram inicialmente guiadas por um protocolo previamente elaborado, de acordo com o objetivo e as questões de pesquisa. No entanto, ao longo das respostas dos sujeitos, novas questões foram colocadas a fim de esclarecer ou aprofundar as respostas, de modo que cada entrevista durou aproximadamente sessenta minutos. Todos os participantes concordaram em contribuir, caso a análise dos dados exigisse algum esclarecimento posterior, aprofundamento ou mesmo novas questões que surgissem.

O protocolo de entrevistas foi constituído de seis itens gerais, 01-B a 06-B, sendo cada item constituído por uma pergunta-chave e algumas outras para aprofundamento. Ao longo do processo, no entanto, conforme já afirmado anteriormente, novas questões foram acrescentadas ou, quando a resposta o sujeito antecipava alguma questão previamente determinada, esta era suprimida. O quadro 3, a seguir, apresenta as perguntas-chave e os pressupostos que nortearam a construção dos itens do protocolo. **Vale salientar que as questões que compuseram os itens da entrevista foram construídas para dar conta de um aprofundamento das dimensões epistemológica e pedagógica da pesquisa.**

Quadro 3 - Pressupostos de cada item da entrevista

Item	Perguntas-chave / Pressupostos
01-B	<p>Você teve dificuldades para aprender a usar as equações químicas? Quais?</p> <p><i>Pensar as concepções que podem ser atribuídas aos(as) estudantes passa pela forma como ele vê a equação química e os modelos, de um modo geral. Diversas pesquisas dão conta que há uma dificuldade, entre os(as) estudantes, para aprender acerca das equações químicas. Nossa hipótese é que na formação inicial, assim como nas diversas séries do Ensino Médio, o uso do algoritmo é feito de maneira tácita e memorizada.</i></p>
02-B	<p>Você pode descrever como ocorreram as discussões acerca dos modelos científicos nas disciplinas específicas de Química?</p> <p><i>Em função das respostas obtidas para o item 03-A, do questionário, construímos este item para o protocolo de entrevistas a fim de perceber com maior profundidade se (e como) os modelos são discutidos ao longo da formação inicial, tanto nas disciplinas específicas de Química, quanto nas disciplinas que possuem abordagens mais filosóficas ou pedagógicas. Um dos pontos discutidos nesta pesquisa diz respeito à importância da dimensão prática na formação dos professores, o que</i></p>

	<i>deveria ocorrer em todas as disciplinas do curso.</i>
03-B	<p>Dentre as várias construções teóricas que podem ajudar a explicar o que ocorre numa reação química, sem dúvida a Lei da Conservação da Massa é uma das mais conhecidas. Como podemos verificar a Lei da Conservação da Massa em uma reação química?</p> <p><i>Entendemos que a equação química é mais do que uma representação da reação. A equação é um modelo, com todas as características e atribuições que foram discutidas nos capítulos 2 e 4. Este item do protocolo surge, portanto, para aprofundamento do que foi obtido como resposta ao item 04-A do questionário.</i></p>
04-B	<p>Apresentação de um vídeo com uma reação de precipitação do iodeto de chumbo II e pedir que o estudante forneça uma explicação para o fenômeno.</p> <p>Como eu posso saber se esta experiência resultou numa reação química? Em sua opinião, qual o papel da equação química para a explicação deste fenômeno?</p> <p><i>A impossibilidade de realizar a experiência in loco fez com que escolhêssemos apresentar um curto vídeo¹² da reação entre o nitrato de chumbo II e o iodeto de potássio. Neste item, esperávamos que os participantes utilizassem a equação química a fim de confrontarmos a própria equação com o fenômeno que eles tinham observado. A equação química é um modelo idealizado e/ou abstraído do fenômeno.</i></p>
05-B	<p>Apresentação do seguinte fragmento, contendo um problema e a sua explicação:</p> <p>Problema: Que reação ocorre (se ocorre), em água, entre o nitrato de potássio e o cloreto de amônio?</p> <p>Explicação: Aplicando a regra de nomenclatura e escrevendo as fórmulas das substâncias, considerando que estão em meio aquoso, podemos escrever a equação:</p> $\text{KNO}_3(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq}).$ <p>Sendo todas as substâncias representadas na equação acima solúveis em água, certamente todas estarão em sua forma iônica, de acordo com a equação abaixo:</p> $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}).$ <p>Como se pode observar, todos os íons presentes nos reagentes encontram-se nos produtos, de tal forma que se evidencia que não houve reação química.</p> <p>Em sua opinião, que papel as equações apresentadas neste fragmento estão desempenhando? As duas formas de representação são iguais ou diferentes? Por quê?</p> <p><i>Este item envolve um fragmento que contém um problema e a sua explicação já fornecida. A explicação contém duas formas de escrita de uma equação que, embora digam respeito ao mesmo fenômeno e estejam sendo usadas para prover uma explicação, não são iguais e, portanto, não afirmam as mesmas coisas. São, portanto, modelos diferentes usados numa mesma explicação. Nossa hipótese é que há uma dificuldade na transição de um modelo para outro, o que pode acarretar em um problema tanto de ensino, quanto de aprendizagem.</i></p>
06-B	<p>Apresentação da seguinte questão, tradicionalmente usada no ensino médio acerca do cálculo estequiométrico:</p> <p>Qual a massa de trióxido de enxofre produzida quando 64 g de dióxido de enxofre reagem completamente com o oxigênio?</p> <p>Dados – Massas molares (g/mol): O = 16; S = 32.</p> <p>Qual o papel da equação química na resolução do problema? O problema poderia ser resolvido sem o auxílio de uma equação química?</p> <p><i>Sendo modelos idealizações e/ou abstrações das reações químicas, entendemos que não precisam sofrer modificações em função de comportamentos reais como impureza ou excesso dos reagentes, ou mesmo rendimento do processo inferior a 100 %. Ao escrevermos as fórmulas das substâncias, estamos desconsiderando a participação das impurezas e, ao escrever a equação química, estamos considerando as condições ideais para o fenômeno.</i></p>

Fonte: o autor.

Em relação aos itens 04-B, 05-B e 06-B, na aplicação da entrevista, alguns esclarecimentos se fazem necessários:

¹² Vídeo disponível no endereço eletrônico https://www.youtube.com/watch?v=7_v2x7ByLic.

- Para apresentar o vídeo que item 04-B se refere, foi utilizado um notebook com um aplicativo *player* de vídeo. Os(as) estudantes assistiram ao vídeo e, em seguida, as questões foram feitas. Sempre que solicitado pelos(as) estudantes, ou quando percebemos a necessidade, o vídeo era repetido.
- Na aplicação do item 05-B, entregamos aos(às) estudantes uma metade de folha A4, contendo o fragmento citado. Procedemos a uma leitura em voz alta, acompanhada pelos(as) estudantes e, em seguida, fizemos as perguntas que julgamos necessárias.
- Para responder ao item 06-B, foi entregue uma folha A4 aos(às) estudantes, contendo o problema para que eles resolvessem. Foi-lhes oportunizada a seguinte escolha: se eles gostariam de explicar a resolução à medida que resolviam, ou se a explicação seria dada somente após resolverem o problema. Deixamos claro que o objetivo não era avaliar se o resultado estava certo ou errado, mas analisar o processo, ou seja, o desenvolvimento da resolução. Em todo caso, pedimos que eles descrevessem o passo-a-passo do caminho que escolheram para resolver o problema, sendo-lhes solicitada também uma explicação para aquela escolha.

5.3 A Análise Textual Discursiva

Proposta por Moraes e Galiazzi (2013), a Análise Textual Discursiva (ATD) constitui-se em um movimento de interpretação de dados qualitativos de pesquisa para produzir compreensões novas acerca dos fenômenos. Desta forma, o que se objetiva ao realizar a ATD não é obter uma compreensão superficial e imediata, mas alcançar níveis cada vez mais profundos de compreensão. De acordo com os autores proponentes:

O processo da Análise Textual Discursiva tem fundamentos na fenomenologia e na hermenêutica. Valoriza os sujeitos em seus modos de expressão dos fenômenos. Centra sua procura em redes coletivas de significados construídos subjetivamente, os quais o pesquisador se desafia a compreender, descrever e interpretar. São processos hermenêuticos (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 169).

A primeira etapa em um movimento de análise baseado na ATD é a desconstrução/unitarização do *corpus*. Tendo em vista o objetivo da pesquisa e as questões que se deseja responder, o processo de desconstrução/unitarização consiste em fragmentar o *corpus* em constituintes elementares, denominados **unidades de significado** ou **fragmentos**, que são trechos de falas que apresentam maior significação em relação ao objeto de estudo e às questões de pesquisa (MORAES; GALIAZZI, 2013).

Este processo de desconstrução/unitarização requer uma imersão do pesquisador tanto nos dados que correspondem ao *corpus*, quanto nos pressupostos teóricos que norteiam a pesquisa, o que permitirá a emergência de unidades de significado válidas, ou seja, que contribuam significativamente para alcançar o objetivo proposto. Para isso, é necessário que o material produzido seja lido e relido quase que à exaustão, impregnando no pesquisador aquilo que os sujeitos afirmaram em suas respostas.

O que denominamos unidade de significado pode ser representado por uma palavra, um termo, uma frase ou mesmo a resposta completa do sujeito pesquisado. O importante é que a unidade de significado encerre a ideia sem que seja necessário um retorno ao texto que lhe deu origem.

Como o *corpus* não fala por si mesmo torna-se indispensável que o pesquisador esteja bem seguro quanto ao objetivo da pesquisa e os pressupostos teóricos e metodológicos a fim de fazer o texto falar ou, numa atitude fenomenológica, deixar que o fenômeno se manifeste (GARNICA, 1997). Numa perspectiva da ATD, o que importa não é o que cada sujeito, individualmente, está dizendo, mas o discurso em si (MORAES; GALIAZZI, 2013). Por isso, o fenômeno, aqui, constitui-se na multiplicidade das vozes em torno de um tema.

A segunda etapa da ATD constitui-se numa organização das unidades de significado em categorias. Categorizar envolve comparar as unidades de significado de modo a agrupar aquelas que apresentem semelhança de sentido. Cada categoria, portanto, envolve um conjunto de unidades de significado e consiste em perspectivas diferentes de exame de um fenômeno.

A categorização constitui um processo de classificação em que elementos de base – as unidades de significado – são organizados e ordenados em conjuntos lógicos abstratos, possibilitando o início de um processo de teorização em relação aos fenômenos investigados. (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 75).

A categorização não é comandada inteiramente pelo pesquisador. Depois da unitarização, exige-se que o pesquisador tenha um intenso envolvimento com o caos produzido a fim de perceber as categorias que emergem do *corpus* (MORAES; GALIAZZI, 2013). Então, cabe ao pesquisador lapidar as categorias que surgiram, fazendo sua explicitação e qualificação, e avaliando sua validade e pertinência. Este é um processo que não encerra na emergência das categorias, mas avança até que se consiga um sistema válido de categorias para alcançar as novas compreensões do fenômeno.

Assim, as categorias podem ser definidas *a priori*, ou seja, emergentes da própria construção teórica que embasa a pesquisa, ou *a posteriori*, emergindo dos próprios dados que compõem o *corpus* da pesquisa e das unidades de significado.

Em nossa pesquisa, definimos algumas categorias *a priori*, a partir do objetivo, das questões norteadoras da pesquisa e das construções teóricas envolvidas, mas não nos furtamos à percepção de algumas categorias que não estavam previstas, mas emergiram do *corpus*.

A unitarização e a categorização, bem executadas, levará o pesquisador a alcançar novas compreensões acerca do fenômeno estudado. A ATD, então, passa a exigir do pesquisador que sejam construídos “metatextos analíticos que expressem os sentidos lidos num conjunto de textos” (MORAES; GALIAZZI, 2013, p. 32). Neste ponto, por meio da descrição e interpretação do fenômeno, o pesquisador torna-se, de fato, autor.

Todo o processo de análise textual volta-se à produção do metatexto. A partir da unitarização e categorização constrói-se a estrutura básica do metatexto. Uma vez construídas as categorias, estabelecem-se pontes entre elas, investigam-se possíveis sequências em que poderiam ser organizadas, sempre no sentido de expressar com maior clareza as novas intuições e compreensões atingidas. Simultaneamente, o pesquisador pode ir produzindo textos parciais para as diferentes categorias que, gradativamente, poderão ser integrados na estruturação do texto como um todo. A impregnação do pesquisador com o material analisado possibilitará a tomada de decisão sobre um encaminhamento adequado na construção desses metatextos. (idem, p. 33).

Em nossa pesquisa, os processos de unitarização e categorização foram feitos separadamente para cada instrumento utilizado na construção do *corpus*. No entanto, a produção do metatexto se deu a partir do dimensionamento e da análise do conjunto de categorias elaboradas para os dois instrumentos (ver anexo II), na tentativa de produzir as novas compreensões para o fenômeno que nos propomos a investigar: as concepções de estudantes de Licenciatura em Química sobre o uso das equações químicas na formação inicial.

5.4 A Ordem em Meio ao Caos: Desconstruir para Reconstruir

O processo de análise baseado na ATD envolve desconstrução, reconstrução e comunicação, sendo que todas as etapas encontram-se inter-relacionadas de modo precisamos, em todo momento, criticar nossas produções e refinar nossas interpretações até alcançar o nível que desejamos. Sendo assim, neste tópico pretendemos mostrar como nos envolvemos com os processos de unitarização e categorização do *corpus* para preparar uma trilha para aqueles e aquelas que desejarem caminhar nesta mesma direção.

Sendo que a própria construção das questões que compuseram os itens foi intencional, de acordo com o objetivo e as questões que nortearam a análise, então é de se esperar que já houvessem algumas categorias pensadas antes mesmo da aplicação do instrumento (categorias *a priori*) como, por exemplo, a categoria **representação**

(aprioristicamente criada porque as definições mais comuns de modelo e de equação química dizem que são representações).

A fim de organizar as informações fornecidas pelos(as) estudantes em suas respostas, de acordo com as três questões norteadoras da pesquisa, entendemos que seria útil para a análise a composição das categorias em relação ao que denominamos **dimensões de análise: ontológica** (o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?), **epistemológica** (como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?) e **pedagógica** (como são abordadas as equações químicas na formação inicial?).

Este procedimento está de acordo com o que propõe a ATD, já que o que realmente importa no processo “não é a sua forma de produção, mas as possibilidades de o conjunto construído de categorias propiciar uma compreensão aprofundada dos textos-base da análise e, em consequência, dos fenômenos investigados” (MORAEZ; GALIAZZI, 2013, p. 25).

5.4.1 Tratando o *corpus* proveniente do questionário

Ao todo, **10 licenciandos responderam ao questionário** (Ana, Bob, Carla, Duda, Edson, Fran, Graça, Hilda, Iana e Júlia – nomes fictícios). As respostas obtidas foram lidas, transcritas e agrupadas por item. Assim, por exemplo, para o item 02-A, que pedia uma definição de modelo científico de acordo com a opinião dos sujeitos, agrupamos as dez respostas obtidas a fim de perceber o discurso coletivo – e não o individual. O quadro 4, a seguir, com a transcrição das respostas ao item 02-A, deixa claro o que acabamos de informar.

Quadro 4 – Transcrições das respostas ao item 02-A do Questionário.

02-A. Se você tivesse que definir o que é um modelo científico, o que você diria?	
ANA:	<i>Um modelo é a representação que temos como base para nos referir a determinada coisa. É o nosso padrão vigente naquele momento. Por exemplo, quando falamos em modelo de passarela, maioria da população toma Gisele Bündchen como padrão, como referência. Assim, os modelos científicos são nossos referenciais para formularmos nossas explicações científicas.</i>
BOB:	<i>Se eu tivesse que definir modelo científico, eu diria que é algo mais concreto do que está na teoria, algo que traga uma melhor visualização do que é dito.</i>
CARLA:	<i>Modelos científicos, na minha concepção, são formas de tentar ilustrar e explicar algum conceito. Esses modelos são construídos por observações, pesquisas, experimentações que possam dar algum embasamento científico.</i>
DUDA:	<i>Modelo científico é algo idealizado, criado para representar ideias sobre um determinado assunto na ciência.</i>
EDSON:	<i>Acredito que modelo seja uma representação material de um conceito muito abstrato. Tem a função de facilitar ou aprimorar os estudos sobre um determinado conceito.</i>
FRAN:	<i>Modelo científico é uma representação de um fenômeno que demonstra o que os cientistas criaram na sua teoria.</i>

GRAÇA:	<i>Modelo é algo a ser seguido, que geralmente segue um padrão, algo que podemos tomar como referência. Seguindo essa lógica, o modelo científico é um padrão que foi admitido após estudos, teses, por ser científico é algo tido como verdade pela sociedade.</i>
HILDA:	<i>É uma representação do que imaginamos que seja “o ideal”. Algo que sirva como auxílio para o entendimento, para sair do abstrato e consiga ter uma compreensão.</i>
IANA:	<i>Definiria como algo representativo, para explicações que não são possíveis de se realizarem a nível macroscópico. O modelo científico representa e descreve fenômenos que, em geral, acontecem a nível microscópico, e que dessa forma são apenas simbólicos.</i>
JÚLIA:	<i>É um modelo adotado pela comunidade científica para explicar ou definir certas concepções.</i>

Fonte: o autor.

As respostas agrupadas em cada item foram **unitarizadas**, de modo que, a partir de cada item poderia emergir uma **unidade de significado** (ou mais de uma) de acordo com o objetivo e as questões de pesquisa. O processo de **unitarização** consistiu na **fragmentação das respostas dos(as) estudantes**. Os fragmentos considerados como **unidades de significado** receberam uma codificação para identificação do item e do sujeito respondente.

Por exemplo, o estudante Bob forneceu uma resposta para o item 02-A do questionário, de modo que a fragmentação daquela resposta produziu uma unidade de significado (que denominamos “visualização da teoria”). Para efeito de organização, esta unidade de significado foi codificada como “Bob.02-A” (unidade de significado referente ao item 02-A, do estudante Bob).

Quando mais de uma unidade de significado emergiu para a mesma resposta, a codificação foi pensada para informar, através de um número entre parêntesis, a que unidade de significado nos referimos. Ainda tomando o item 02-A como exemplo, a unitarização da resposta da estudante Carla gerou duas unidades de significado que denominamos “ilustração de conceitos” e “construção científica”, codificadas, respectivamente, como “Carla.02-A(1)” e “Carla.02-A(2)”. Os números entre parêntesis diferenciam as unidades de significado referentes ao mesmo item do questionário.

As unidades de significado que emergiram das respostas ao questionário foram isoladas e, posteriormente, categorizadas. A categorização compreende um agrupamento das unidades de significado, levando em conta as partes comuns entre elas (palavras, termos ou sentido). Assim, palavras como “representação”, “visualização”, “ilustração” e “referência”, por exemplo, que aparecessem nas unidades de significado, foram consideradas como indicativos desta categoria.

As unidades de significado que nos referimos acima, denominadas “visualização da teoria” e “ilustração de conceitos”, e codificadas, respectivamente, como Bob.02-A e Carla.02-A(1), foram agrupadas dentro da categoria “representação”.

O quadro 5, a seguir, apresenta as categorias *a priori* (AP) e que emergiram (E) das respostas ao questionário agrupadas de acordo com as dimensões de análise, bem como os critérios considerados para dar origem àquela categoria. Devido ao razoável volume de dados que foram produzidos com o questionário, entendemos ser mais adequado, neste ponto, exemplificar com apenas uma unidade de significado para as respectivas categorias. O item 01-A solicitava apenas as informações dos participantes e, por isso, serviu apenas para registrar os contatos.

Quadro 5 - Dimensionamento das Categorias relativas aos itens do questionário.

Dimensão	Categoria	Critério / Unidade de Significado
Ontológica	Representação (AP)	Consideramos termos como representação, visualização, idealização, abstração, referência e seus correlatos, bem como o contexto da resposta. <i>Iana.04-A(1): representam o que a teoria diz sobre o fenômeno.</i>
	Construção (E)	Consideramos termos como construção, criação, produção, feitos, desenvolvidos, pensados e seus correlatos, bem como o contexto da resposta. <i>Graça.04-A(1): são criados a partir as teorias.</i>
	Visão Macro/Submicro (AP)	Consideramos não apenas termos como substâncias, átomos, íons, ligações químicas, moléculas e matéria, como também o sentido que se pode atribuir à resposta, como um todo. <i>Bob.06-A(1): interação entre substâncias.</i>
Epistemológica	Explicação (AP)	Consideramos termos como explicação, entendimento, compreensão, conhecimento e seus correlatos. <i>Ana.02-A(2): os modelos científicos são nossos referenciais para formularmos nossas explicações científicas.</i>
	Representação (AP)	Consideramos termos como representação, visualização, idealização, abstração, referencia e seus correlatos. <i>Hilda.02-A(2): auxílio para o entendimento, para sair do abstrato e conseguir ter uma compreensão.</i>
	Relação Macro-Submicro (AP)	Consideramos frases que relacionassem os níveis macroscópicos e submicroscópicos para obtenção de conhecimento. <i>Iana.08-A: equações químicas ajudam a explicar como os fenômenos ocorrem, a nível representacional e microscópico.</i>
Pedagógica	Abordagem (AP)	Consideramos fragmentos que revelassem como os modelos são usados/apresentados em sala de aula. <i>Edson.03-A(1): modelos atômicos foram abordados na sala junto com os conceitos referentes aos modelos, por exemplo, modelo de Dalton e Bohr.</i>

Fonte: o autor.

Percebe-se que tanto na dimensão ontológica, quanto na epistemológica, a categoria “representação” se faz presente. Esclarecemos que a diferenciação foi feita em função do contexto da resposta, como um todo, e não apenas em função do item do instrumento de

pesquisa. Quando o contexto trata do conceito de modelo ou de equação química, caracterizamos na dimensão ontológica, quando trata de como o modelo ou equação química é usado(a), caracterizamos na dimensão epistemológica.

Assim, uma resposta do tipo “a equação química é uma representação da reação” foi agrupada na categoria “representação”, dentro da dimensão “ontológica”, por entendermos que o(a) estudante compreende que a natureza da equação química é a representação. Por outro lado, uma resposta do tipo “usei a equação química como uma representação da reação” foi agrupada na categoria “representação”, porém dentro da dimensão “epistemológica”, por entendermos que o(a) estudante se refere ao uso que, naquele momento foi como uma representação, mas poderia ter sido qualquer outro, dentro do nosso entendimento das várias funções que um modelo pode assumir (MORGAN; MORRISON, 1999).

5.4.2 Tratando o *corpus* proveniente das entrevistas

Dos 10 licenciandos que responderam ao questionário, apenas 5 participaram efetivamente das entrevistas (Ana, Bob, Duda, Edson e Hilda). As informações gravadas foram transcritas de maneira integral, de forma que as pausas e as truncagens pudessem ser percebidas na transcrição. Após a leitura das transcrições, as respostas foram agrupadas para cada item respeitando as perguntas de aprofundamento que foram feitas (embora as respostas fossem, por exemplo, referentes ao item 01-B, algumas perguntas de aprofundamento foram feitas para uns sujeitos, sendo que para outros foram feitas outras perguntas, ou mesmo nenhuma pergunta adicional, dependendo do quanto aquelas respostas nos diziam acerca do que queríamos saber).

O quadro 06, a seguir, traz um exemplo de transcrição e agrupamento a partir das respostas ao item 01-B, do estudante Bob. As intervenções do pesquisador estão colocadas usando a fonte “normal Times New Roman”, enquanto as respostas dos(as) estudantes foram transcritas usando-se a fonte “Times New Roman” em itálico.

Quadro 06 – Exemplo de transcrição das respostas ao item 01-B, do estudante Bob.

Item 01-B		
	Pesq.:	Bob, a primeira pergunta que eu tenho pra você é: que dificuldades você teve pra aprender equações químicas?
t1	Bob:	<i>Dificuldades? ... Aprender... aprender equações químicas... (quando você estudou no ensino médio, você teve dificuldades pra aprender sobre equações químicas? E na Faculdade? Teve dificuldades quando isto foi apresentado pra você? Quais as dificuldades?) ... equações químicas, no caso, quando a gente coloca reagente, produto... não é dificuldade, em si...</i>

		<i>assim... mas... é... tipo... por exemplo... é... você lembrar sempre de estar colocando tudo especificado, essas coisas assim, que eu acho que no ensino médio não era tão cobrado assim, por exemplo, botar uma equação sem botar o estado da... de agregação. Ai... são detalhes mesmo, assim, que no ensino superior geralmente é muito mais exigido, no caso, né... e... deixe eu ver... é que realmente esse negócio assim de montar a equação, em si, eu nunca tive tanta dificuldade assim, não. Era mais aquele negócio de conhecer a seta que faz a formação, a seta de equilíbrio, essas coisas assim... que, tipo assim... é... eu não me lembro de ter aprendido isso assim... foi colocado e você vai interpretando.</i>
t2	Pesq.:	E balanceamento, pra você foi tranquilo?
	Bob:	<i>Eu gosto... é uma coisa que eu gosto. (você aprendeu tranquilo?) Não, não foi tão tranquilo porque quando eu entrei na Uneb, é... no primeiro semestre, que tem Geral I, eu não queria ficar no curso, não. Ai... eu abandonei no primeiro semestre, no segundo semestre eu peguei, mas tava desmotivado, não ia querer ficar. Mas, realmente, foi um conteúdo que depois eu gostei muito que... eu peguei Geral I 3 vezes, que eu me lembre, aí, quando eu peguei pela terceira, que eu estudei realmente, eu achei muito interessante a questão de balancear em meio ácido, em meio básico... pô... isso é muito... eu gosto muito. Esse conteúdo aí, eu gostei.</i>
t3	Pesq.:	Teve aquilo de você estar no laboratório, fazendo uma reação lá... béquer, tudo de ensaio... e ter que transcrever isso pra uma equação química, daquilo que você estava vendo ali?
	Bob:	<i>Assim não, mas já... agora em Analítica, sim. Antes eu... é por que assim... enxerga como se a gente... como se aquilo estivesse muito distante da gente, o conteúdo tivesse muito distante, mas não... acho que essa é a dificuldade do estudante. É assim... você não ir deixando a química... você ir aprendendo uma parte e deixar lá... você tem... você traz... e vai carregando ao longo do curso a química, né... e às vezes a conexão, assim, é meio difícil de fazer. E quando você faz, você consegue ver: 'ah, não, isso aqui...' (você fala conexão dos conteúdos, né?) isso... é... exatamente... conexão, o que você está falando... eu ficava... mas antes de aprender, realmente, eu ficava assim: 'meu Deus, esse negócio aqui, como é que está... reagindo' ... por quê, por exemplo, um... uma determinada substância que a gente conseguir colocar lá... na verdade eu tinha dificuldade como é que ia acontecer a reação ali, entendeu, como é que ia tirar, por exemplo... tem uma substância lá... como é que tira aquele... por exemplo, uma letra que tem lá, como é que tira aquilo, quem é que vai conseguir tirar ele pra entrar... isso eu não conseguia enxergar... não conseguia enxergar não. Eu ficava olhando e pensando: 'meu Deus, porque que isso acontece?' aí depois que você vai, tipo, abrindo a mente que você vai vendo: 'ah, não, é assim que acontece. Não é do nada que acontece, né'. (Você está falando quando a equação está lá, construída, e aí...) por quê forma o produto? (tira o H e bota o Cl) é... por quê tá formando aquele produto? Como é que ele consegue fazer essa conexão e formar aquilo, no caso, coloca duas substâncias e aí depois forma outra coisa. Como acontecia isso que me deixava meio... eu fica meio... 'meu Deus' eu botava a equação e, tipo, pra mim não dava em nada, não tava... não entendia o por quê, mas quando você vai estudando, aí você vai entendendo, né... que você vai pegando um conteúdo velho lá, 'a eletronegatividade desse é maior que esse, aí consegue deslocar'... você vê essas coisas assim, aí você vai entendendo.</i>
t4	Pesq.:	É... dentro do seu curso, de Licenciatura, que conteúdos você estudou sobre equações químicas? Assim... que você usou as equações químicas?
	Bob:	<i>Pô... a gente usa... acho que... (você lembra de algum específico? Ou de alguns? Se você puder lembrar de alguns desses aí, que você usou as equações químicas e como você usou... se você puder dizer...) na oxirredução, quando a gente monta as equações, lá... quando a gente também aprende... é... esqueci o nome... ciclo de Born-Haber, alguma coisa assim, né, você vai montando também... equação? É... deixe eu ver... Físico-Química também... eu acho que... Físico-Química a gente também usa pra... deixe eu ver... Físico-Química... com o que 'meu Deus'? (Termoquímica) Termoquímica, exatamente, Termoquímica, em Físico-Química... aquilo ali... vixe... aquilo foi o maior inferno em minha vida... aquilo ali é um inferno em minha vida ainda. Termoquímica eu não gosto não. Mas, Termoquímica... pra Analítica também, agora, os equilíbrios, né... muito, usa muito. Pô... acho... pra tanta coisa... a gente usa muito. Equação química é tudo. Como é que a gente vai ver as Químicas assim... é... todas as Químicas que eu peguei você vê em algum momento: Orgânica, Inorgânica... todas você</i>

		vê.
	Pesq.:	Agora, assim... você diz que em todas a gente vê equação química. Em todas a gente vê equação química do mesmo jeito?
t5	Bob:	<i>Não. (você consegue identificar alguma diferença de uma disciplina pra outra, na forma de usar?) Sim, a depender do que você vai utilizar. Por exemplo, Termoquímica... equação, você vai colocar entalpia... você vai indicando ali a questão termodinâmica da reação. É... no Equilíbrio... pô, no Equilíbrio... tipo... a equação química, você vai vendo com a questão da... da formação dos... Orgânica você vai colocando em cima das setas as... não que nos outros não coloque, mas você vai colocando assim... uma das setas... por exemplo, Orgânica II, como é que tá acontecendo no meio, em que meio tá acontecendo etc... eu acho que isso vai distinguindo uma equação, assim... de outra. Pelo menos é o que eu entendo, por que eu não acho que seja igual, entendeu? Porque a forma que se tem de escrever a equação em Orgânica, lá, como é que está acontecendo aquela reação ali? Em que meio tá acontecendo? como é que está? E isso tudo tem diferença até se você colocar acima da seta, ou abaixo da seta. Por exemplo, se eu não quiser botar o... é... um dos reagentes... eu tenho lá um... uma substância e se eu não quiser botar o reagente eu posso botar em cima, e embaixo venho com um... é... algum catalisador, um solvente etc.. Então, isso aí pra mim, acho que diferencia. Você coloca... porque, tipo assim, montar... colocar a... o estado de agregação, eu acho que todo mundo coloca, né? Mas aí... a depender da química, vai da especificidade que você quer daquela equação, em si. Como em Termoquímica, e tal, você quer entender como é que tá acontecendo: tá liberando energia, não tá... então, isso influencia, porque aí você tem que colocar o ΔH agora, pra ver... então eu acho que isso influencia, sim. Oxirredução, a questão de onde você colocar os elétrons, balanceamento, essas coisas... então isso também... é o que você está querendo da equação, no caso, né... acho que você enxerga como... nunca tinha pensado nisso não, mas é o que você está querendo ver... o que está acontecendo ali... tá ganhando elétron? Então o elétron fica aonde? Antes ou depois? Então, tudo isso influencia porque senão você não está escrevendo certo. É como se fosse o 'português' da química, no caso, né? É o que você tá trazendo pra...</i>
	Pesq.:	Quando você, é... quando você vê equação química em conteúdos diferentes... conteúdos não, disciplinas diferentes, você vê equação química lá em Geral II, aí você equação química em Orgânica I, sei lá... ou Orgânica II... Aí você vê equação química em Físico-Química... e nesses 3 casos, imagine que o fenômeno que está em estudo seja a substituição de um hidrogênio do butano, por um cloro, pra formar o 2-clorobutano. Ok? Este é o fenômeno que está em estudo. Aí o professor de Química Geral II, ele se preocupa com a parte de Cálculo estequiométrico, da quantidade... a massa de 2-clorobutano que se forma quando butano reage com gás cloro nas condições ideais. A professora de Orgânica, ela está preocupada em mostrar o mecanismo porque o cloro entra naquele segundo carbono e substitui o hidrogênio, e os catalisadores, e as condições ideais. O professor de Físico-Química, lá em Termoquímica, tá preocupado com a entalpia que é produzida nessa substituição. E você disse que em cada disciplina se usa equação química de uma forma diferente, com objetivos diferentes. Mas você está entendendo que é o mesmo fenômeno para os 3 casos? (cada um está abstraindo o que te interessa, no caso) Isso gera, na sua cabeça, algum tipo de dificuldade para o estudante? Você está usando 3 maneiras diferentes de escrever uma equação química, tudo você chama de equação química, mas 3 maneiras diferentes para estudar o mesmo fenômeno. Isso pode gerar alguma dificuldade para o estudante? Que dificuldade você acha que pode ter nessa utilização tão variada? Pra você, você teve alguma dificuldade em relação a isso? Ou foi só aceitando as formas diferentes de escrever?
t6	Bob:	<i>Eu fui só aceitando. Agora... gera dificuldade por que às vezes eu acho que o estudante pode ficar olhando assim... 'meu Deus, essa equação aqui serve pra isso, serve pra aquilo... serve pra 3, e cada um pedindo de uma forma...'. O bom seria, tipo, uma conexão, né, entre isso que você tá pedindo. Por exemplo, você vai fazer uma reação aí de Orgânica, aí... é... no caso mesmo a professora me pediu pra fazer uma reação, aí eu fui fazer. Aí eu botei com álcool protonado, mas era como tava no livro. No livro tava dizendo que era com álcool protonado, só que era em meio ácido, então a carbonila não ia atacar o álcool protonado, ela ia atacar o H^+ do ácido clorídrico, óbvio, que é muito mais favorável termodinamicamente. Aí ela fala 'isso é termodinamicamente impossível, que não sei o quê...' entendeu, mas só que, tipo assim, só falar 'termodinamicamente impossível', mas... sim... me diga porque termodinamicamente</i>

		<i>impossível, porque essa é a questão, entendeu? Então, tipo assim... aí fala a questão é termodinamicamente impossível, tá ali naquela mesma equação, mas só que não tá explicando, não tá trazendo, é... a entalpia, nada... não tá falando nada, entendeu? Então... ah, é termodinamicamente impossível, aí fica lá em Físico-Química o termodinamicamente impossível, não aqui em Orgânica, entendeu? Só que a gente só tem que ter na mente que, obviamente que é mais favorável, depois que ela falou eu falei: 'não, eu entendo, só que no livro tava dessa forma'. E aí, é como se ficasse os assuntos sem conexão, assim, entendeu? Pegar uma coisa pra explicar várias coisas e não faz a conexão entre tudo isso, aí eu acho que isso pode gerar um pouquinho de dificuldade na cabeça do estudante.</i>
	Pesq.:	E, digamos... você está fazendo Licenciatura e eu imagino que seja pra ser professor. E seu primeiro público-alvo vai ser o estudante do ensino médio, e no ensino médio você é professor de Química de tudo: professor de Orgânica, de Físico-Química e de Geral. E você vai ter essa oportunidade de trabalhar essas equações químicas diferentes pra buscar conteúdos diferentes, mas do mesmo fenômeno. Você, dando aula desse assunto, você acha que teria dificuldade... tô pensando em você professor... você teria dificuldade pra ensinar esse assunto? Assim, esse assunto que eu digo, ensinar equações químicas.
t7	Bob:	<i>Sinceramente, lembrando do ensino médio, ninguém ensina 'equação química', em si, sabe? Eles colocam o conteúdo e você... você entende ali por... absorvendo mesmo, não é tipo assim: ah, vamos escrever a equação e você coloca... aqui é o estado de agregação... vai fazendo isso. Mas, vou falar... é... (você entende, ou você aceita?) as pessoas aceitam, né... (diferente, né?) é... isso que é a dificuldade, as pessoas aceitam. (professor tá dizendo, então é assim que se faz, é assim que eu tenho que fazer na prova) eu nem consigo me lembrar direito do ensino médio, mas eu sei que não é bom não, viu? Você vê depois muita coisa e diz 'meu Deus, a gente só aceita mesmo' porque professor fala, você olha aquilo ali, e é o que eu acho realmente, tipo assim, você grava muito. No ensino médio você grava as coisas, não entende porque aquilo está acontecendo. Os professores distanciam muito de você a Química então é complicado você entender.</i>

Fonte: o autor.

As unidades de significado que emergiram das respostas foram codificadas seguindo, basicamente, o mesmo critério adotado para a análise das respostas do questionário, apenas adicionando o fator tempo de transcrição (cada conjunto pergunta-resposta, na transcrição, recebeu um indicativo de tempo t1, t2, t3, etc.). Assim a unidade categorizada como “Bob.01-B.t1” corresponde ao fragmento do item 01-B, localizado do tempo 1 (t1) da transcrição do estudante Bob.

A dinâmica utilizada para o tratamento do *corpus* é a mesma que aplicamos aos dados do questionário, ou seja, aqui também procedemos com o dimensionamento das categorias. Embora os itens que compõem o protocolo de entrevistas tenham sido construídos para aprofundar as questões epistemológicas e pedagógicas, algumas respostas obtidas remeteram à dimensão ontológica das equações químicas. O quadro 7, a seguir, traz as categorias *a priori* (AP) e emergentes (E) agrupadas nas dimensões de análise.

Quadro 7 - Dimensionamento das categorias relativas aos dados das entrevistas.

Dimensão	Categoria	Critério / Unidade de Significado
Ontológica	Representação (E)	Consideramos termos como representação, visualização, idealização, abstração, referencia e seus correlatos. <i>Duda.01-B.t3(1): eu aprendi aqui no curso que equação química é a representação da reação. No meu ensino médio eu não aprendi isso.</i>
	Visão Macro/Submicro (E)	Consideramos não apenas termos como substâncias, átomos, íons, ligações químicas, moléculas e matéria, como também o sentido que se pode atribuir à resposta, como um todo. <i>Hilda.01-B.t5(3): para ocorrer uma reação tem que haver essa quebra de ligações e formação de outras ligações.</i>
	Realismo (E)	Consideramos as respostas que relacionavam o modelo ou a equação química com a realidade. <i>Bob.04-B.t3(3): tô mostrando ali no papel o que pode acontecer na realidade.</i>
Epistemológica	Representação (AP)	Consideramos não apenas termos como representação, visualização, idealização, abstração, referencia e seus correlatos, mas frases cujo sentido denotasse o uso de uma ou mais formas representativas para alcançar conhecimento. <i>Ana.01-B.t9: se eu estiver com a fórmula estrutural eu vou ver, mais ou menos, em que carbono vai entrar, e se estiver condensada eu não vou.</i>
	Explicação (AP)	Consideramos termos como explicação, conteúdo, entendimento, compreensão, conhecimento e seus correlatos. <i>Bob.04-B.t2(1): a equação não ajudaria a explicar o fenômeno porque você mostra pra ele uma coisa muito visível para ele, uma coisa assim "ah, meu Deus, mudou de cor", e agora você joga aquela equação toda e eles vão ficar "hã? O que é isso?".</i>
	Uso Pragmático (AP)	Consideramos respostas cujos contextos denotassem um uso dos modelos de acordo com o objetivo que se quisesse alcançar. <i>Edson.01-B.t5: o olhar é diferente: Geral II tá focado na questão estequiométrica, já Orgânica em como se dá o processo. Vão utilizar a mesma equação, mas o que vão tirar dela é diferente.</i>
	Relação Macro/Submicro (AP)	Consideramos respostas que relacionassem o uso dos modelos ou das equações químicas com os níveis macroscópico e/ou submicroscópico do conhecimento químico. <i>Ana.06-B.t5(3): a gente tem que compreender isso, como é que ele se comporta, como é que as coisas se comportam, entender o macroscópico, que seria o fenômeno.</i>
Pedagógica	Dificuldades (AP)	Consideramos as respostas cujo sentido fosse entendido como dificuldade de ensino ou de aprendizagem dos modelos / equações químicas. <i>Duda.01-B.t13(2): ele vai ter muita dificuldade para associar o que está na bancada para o que vai estar descrito no quadro.</i>
	Abordagem (AP)	Consideramos frases cujo sentido revelasse a maneira como os modelos / equações químicas são abordados(as) em sala de aula na formação inicial. <i>Hilda.01-B.t3(3): o como fazer a gente vê, realmente, aqui, e acho que aprende 'naturalmente' mesmo. Vai vendo, vai vendo, e de tanto ver acaba que fica memorizado.</i>

	Visão Ingênua ¹³ (E)	Consideramos as respostas que os(as) estudantes não sabiam dar, mas que entendemos ser por falta de reflexão sobre aquela discussão, ou mesmo ignorância do tema perguntado. <i>Ana.04-B.t6(6): Eu sei que a gente vê equação química em tudo, mas eu nunca me perguntei o porquê que eu usei a equação. Eu sei que não dá pra explicar sem a equação, mas eu não sei explicar o porquê disso.</i>
	Dimensão Prática (AP)	Consideramos respostas cujo contexto mostrasse a presença/ausência de discussões acerca dos modelos ou das equações químicas nas aulas. <i>Bob-02.t1: em Analítica não tinha discussão sobre modelo nenhum. Em Inorgânica a gente discutiu muito a questão de Werner, a gente leu os textos da época, como foi que aconteceu pra ele desenvolver aquela teoria.</i>

Fonte: o autor.

Para a dimensão ontológica, todas as categorias (“representação”, “visão macro/submicro” e “realismo”) emergiram das respostas obtidas, uma vez que o protocolo de entrevistas foi desenvolvido para aprofundar questões epistemológicas e pedagógicas.

A explicação feita no tópico anterior, acerca da presença da categoria “representação” tanto na dimensão ontológica quanto na epistemológica, também é válida e pertinente para os dados da entrevista.

5.4.3 Organizando o caos

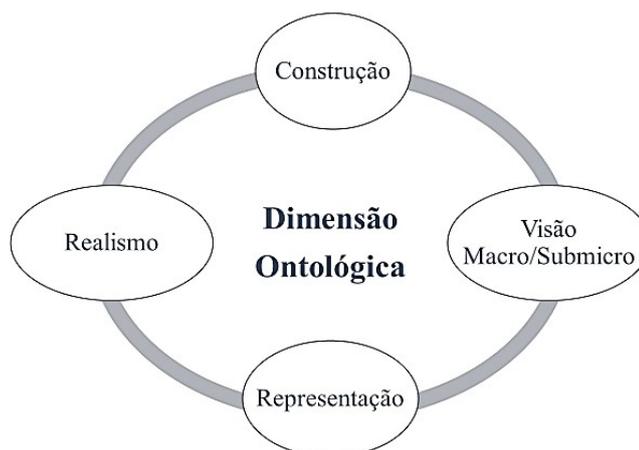
O *corpus* da pesquisa, para análise, foi formado a partir das transcrições das respostas dos(as) estudantes tanto ao questionário, quanto às entrevistas. Posteriormente, as respostas transcritas foram tratadas (unitarizadas e categorizadas) e, em seguida, dimensionadas, tendo em vista o objetivo e as questões norteadoras da análise.

No entanto, esta fase do tratamento dos dados requer que estabeleçamos a congruência das informações que antes foram tratadas separadamente (para o questionário e as entrevistas), na expectativa de identificar as concepções que emergem e podem ser atribuídas aos(às) estudantes e, então, construir o metatexto (MORAES; GALIAZZI, 2013) que comunicará nossas interpretações. Desta forma, para a organização das dimensões de análise, agrupamos as categorias definidas tanto para o questionário, quanto para as entrevistas.

¹³ Estamos utilizando o termo “ingênua” em contraposição a “crítica” (ZATTI, 2007). Entendemos que quando o(a) estudante revela, em uma resposta, que nunca pensou naquilo (ou outros termos que denotem o mesmo sentido), é porque faltou discussão e/ou reflexão acerca daquele assunto perguntado (e que, em nossa opinião, deveria ter ocorrido). Assim, consideramos que a falta de discussão/reflexão resulta na falta de uma visão crítica, favorecendo, então, uma “visão ingênua”.

A **dimensão ontológica** da análise dos dados está relacionada com as visões acerca da natureza e construção dos modelos e das equações químicas. A Figura 6, a seguir, representa a dimensão ontológica e as categorias de análise que compuseram a sua caracterização.

Figura 6 - Dimensão ontológica e suas categorias



Fonte: o autor.

A categoria **construção** emergiu apenas no tratamento dos dados obtidos no questionário. Foram consideradas respostas que trouxessem expressões como “construção”, “criação”, “produção”, “feitos”, “desenvolvidos”, “pensados” e seus correlatos, bem como quando o contexto da resposta a sugeriu, ou seja, quando atribuímos o sentido de **construção** ao interpretarmos a resposta como um todo.

Representação foi uma categoria definida *a priori* no tratamento dos dados do questionário, porém emergente no tratamento dos dados da entrevista, levando-nos a observar as congruências apresentadas nas respostas aos dois instrumentos. Fizeram parte desta categoria as respostas cujos fragmentos trouxeram termos como “representação”, “visualização”, “idealização”, “abstração”, “referência” e seus correlatos, bem como respostas cujo contexto denotasse a representação como natureza do modelo ou da equação química, como expressa a resposta da estudante Graça, ao afirmar que a equação química “é um modelo que pode expressar como a reação química acontece” (GRAÇA.07-A(1)).

A categoria **realismo** emergiu apenas do tratamento dos dados da entrevista, em função do grande volume de respostas que relacionavam o modelo ou a equação química com a realidade. Respostas com termos como “realismo”, “real”, “realidade” e seus correlatos, associados a um sentido que denotasse a natureza dos modelos, das equações químicas ou

mesmo das entidades propostas pelas teorias (átomos, íons, moléculas etc.), fizeram parte desta categoria.

Já a categoria **visão macro/submicro** foi definida *a priori* para os dados obtidos do questionário e emergiu dos dados tratados das entrevistas. Para construir esta categoria consideramos respostas com os seguintes termos: “substâncias”, “átomos”, “íons”, “ligações químicas”, “moléculas” e “matéria”.

A partir das categorias elencadas para a dimensão ontológica, procuramos responder à primeira questão de pesquisa que norteia a análise dos dados: **o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?**

A **dimensão epistemológica** da análise dos dados, por sua vez, está relacionada com as visões dos(as) estudantes acerca do uso dos modelos, em geral, e das equações químicas, em particular, na elaboração do conhecimento químico durante as aulas das disciplinas específicas da Licenciatura em Química. A Figura 7, a seguir, ilustra as categorias de análise que compuseram a sua caracterização.

Figura 7 – Dimensão epistemológica e suas categorias.



Fonte: o autor.

Todas as categorias foram definidas *a priori* tanto para os dados do questionário, quanto das entrevistas, por entendermos que: (1) embora a explicação seja uma das tarefas primordiais do empreendimento científico, sendo os modelos os principais instrumentos utilizados para realizar esta tarefa, o poder explicativo dos modelos está diretamente relacionado ao seu poder representacional; (2) um dos papéis epistêmicos que podem ser atribuídos aos modelos é o de mediador entre os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico; (3) o uso dos modelos é pragmático, ou seja, tem um propósito e deve

estar adequado ao objetivo que se quer alcançar, de modo que um mesmo modelo pode ser usado de formas diferentes para alcançar objetivos diferentes.

Para a construção da categoria **representação** levamos em conta respostas cujos fragmentos envolvessem termos como “representação”, “visualização”, “idealização”, “abstração”, “referência” e seus correlatos, mas cujos contextos denotassem o uso do modelo, e não a sua natureza. Desta forma, entendemos que uma resposta do tipo “eu uso as equações para ver o que está acontecendo no fenômeno” se encaixa na dimensão epistemológica de análise.

De acordo com o objetivo de nossa pesquisa, definimos a categoria **explicação** por julgarmos importante construir itens que captassem as visões dos estudantes acerca da mobilização do conhecimento a partir do uso das equações químicas. Para a composição desta categoria levamos em consideração termos como “explicação”, “entendimento”, “compreensão”, “conhecimento” e seus correlatos.

Durante a construção do referencial teórico nos deparamos com diversas pesquisas que colocavam como grande dificuldade dos estudantes o trânsito entre os níveis macro e submicro das reações químicas. Por compreendermos tal dificuldade como importante para a nossa pesquisa, justamente pelo fato de considerarmos as equações químicas como mediadoras entre os dois níveis do conhecimento químico, foi que definimos a categoria **relação macro/submicro**. Como o nome da categoria sugere, levamos em conta fragmentos que fizessem esta relação.

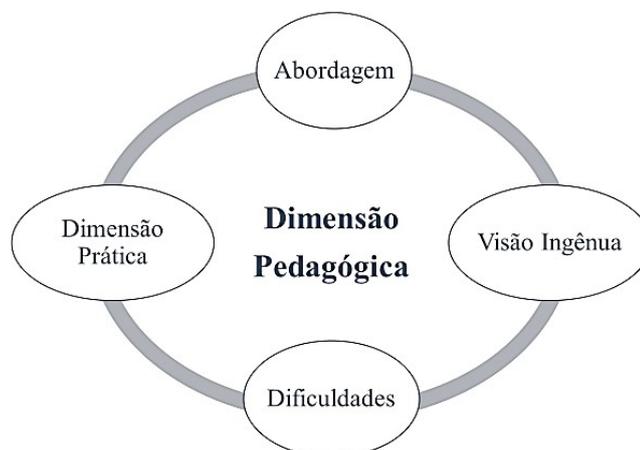
A categoria **uso pragmático** tem relação com a nossa própria definição de modelo, como artefato construído para produzir conhecimento. Se este é o propósito do modelo, então a forma como se constrói e usa o modelo deve estar associado ao tipo de conhecimento que se quer produzir, de maneira que o modelo não deve ser usado da mesma forma em todos os casos. É a partir desta consideração que entendemos o uso do termo **pragmático**, como algo que varia de acordo com o objetivo a ser alcançado. Desta forma, consideramos para esta categoria respostas cujos fragmentos denotassem esta multiplicidade de usos dos modelos.

A partir das categorias elencadas para a dimensão epistemológica, procuramos responder à segunda questão norteadora da análise: **como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?**

Finalmente, a **dimensão pedagógica** da análise envolve a percepção dos(as) estudantes quanto à abordagem que os(as) professores(as) fazem em relação ao uso dos modelos, em geral, e das equações químicas, em particular, quando proveem explicações em

sala de aula, sobretudo nas disciplinas específicas do curso. A figura 8, a seguir, ilustra as categorias de análise que compuseram a sua caracterização.

Figura 8 – Dimensão pedagógica e suas categorias.



Fonte: o autor.

A categoria **abordagem** foi definida *a priori* tanto para os dados do questionário, quanto das entrevistas, com o objetivo de captar as percepções dos estudantes acerca das formas como as equações químicas são usadas pelos(as) professores(as) nas explicações de sala de aula. Para tanto, consideramos respostas cujos fragmentos que pudéssemos atribuir o sentido de uso das equações.

A categoria **dimensão prática** foi definida *a priori* apenas para os dados das entrevistas e, para a sua construção, consideramos respostas que expressassem a presença ou ausência de discussões acerca dos modelos, em geral, e das equações químicas, em particular, tanto em relação ao conteúdo que estivesse sendo abordado no momento do uso das equações, quanto em relação ao ensino daqueles conteúdos no nível médio.

A categoria **dificuldades** foi definida *a priori* apenas para os dados das entrevistas. Levamos em consideração respostas cujos fragmentos mostrassem as dificuldades percebidas pelos(as) estudantes tanto em relação ao uso das equações quanto ao reconhecimento dos papéis epistêmicos diversos que ela pode assumir em uma explicação.

A categoria **visão ingênua** emergiu dos dados da entrevista em função da quantidade razoável de respostas em que o(a) estudante, com certa surpresa, dizia “nunca pensei nisso”, ou “isso nunca foi aprofundado”.

A partir das categorias elencadas para a dimensão pedagógica, procuramos responder à terceira questão norteadora da análise: como são abordadas as equações químicas na formação inicial?

6

O QUE DISSERAM OS(AS) ESTUDANTES?

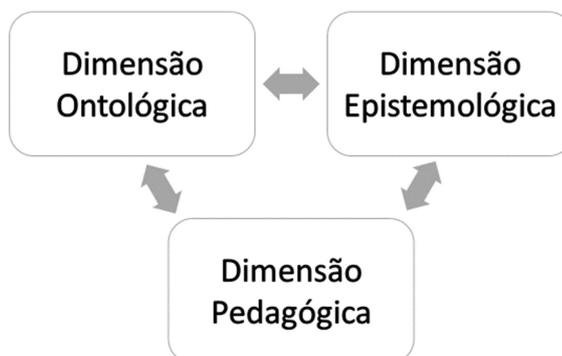
Nossa pesquisa teve o objetivo de compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas ao longo de sua formação inicial, considerando três dimensões das equações químicas: ontológica, epistemológica e pedagógica.

Conhecer adequadamente as equações químicas supõe certa visão acerca de sua natureza, construção e uso, de forma que a dimensão epistemológica da equação química encontra-se indissociavelmente ligada à dimensão ontológica. Por sua vez, o próprio uso de equações químicas na elaboração do conhecimento químico requer que se conheça o que é equação química, ou seja: o conhecimento químico estabelecido se vincula à produção do novo conhecimento por meio do modelo, de forma que as compreensões produzam explicações que produzirão novas compreensões e assim por diante.

A dimensão pedagógica diz respeito à forma como o conhecimento é mobilizado nas aulas de Química. Em vista da importância das equações químicas para a Química e seu ensino, clara está a necessidade das discussões acerca de sua natureza, construção e uso durante a formação inicial de professores de Química. Como se deseja a formação de um profissional autônomo, crítico e reflexivo de sua prática, torna-se necessário que o futuro professor compreenda o que é equação química, seu processo de elaboração como modelo das reações químicas e sua atuação na produção do conhecimento químico.

Neste sentido, o propósito da dimensão pedagógica em nossa pesquisa foi perceber se tais discussões têm lugar nas disciplinas específicas, sobretudo no que se refere ao uso das equações químicas. Em suma: **a pedagogia da formação inicial de professores de Química precisa considerar as discussões tanto da dimensão ontológica, quanto da epistemológica, acerca da equação química.** A figura 9, a seguir, representa a relação necessária entre as 3 dimensões propostas.

Figura 9 – Relação entre as 3 dimensões propostas



Fonte: o autor.

Assim, tentamos fazer dialogar pontos relevantes do nosso referencial teórico, construído nos capítulos 2, 3 e 4 deste texto, com os dados correspondentes ao *corpus* tratado. Cada citação de resposta dos(as) estudantes foi referenciada usando a codificação da unidade de significado correspondente, já detalhada no capítulo 5. Em alguns casos, de acordo com a necessidade de abrangência, julgamos mais válido transcrever trechos das perguntas do pesquisador e das respostas dos(as) estudantes.

A seguir, apresentaremos o que foi analisado em cada dimensão, individualmente. Por fim, pretendemos tecer nossas interpretações estabelecendo as conexões necessárias entre as três dimensões.

6.1 Dimensão Ontológica

Partindo do princípio de que a equação química é um modelo, procuramos questionar os(as) estudantes acerca de suas visões sobre a natureza dos modelos, de um modo geral, e das equações químicas, em particular, a fim de construirmos as concepções que poderão ser atribuídas eles e elas.

No tratamento dos dados, a dimensão ontológica foi pensada apenas para analisar as respostas obtidas a partir do questionário. No entanto, várias respostas às entrevistas também se revelaram próprias desta dimensão, fazendo emergir as categorias elencadas na figura 6 (p. 107).

Definidas as categorias, lançamo-nos na busca por respostas para a questão norteadora desta dimensão de análise: **o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?**

Consideramos o modelo científico (e, por conseguinte, a equação química) como um artefato **construído** para produzir conhecimento científico, o que supõe uma **intenção** por parte de quem o construiu, de forma que é razoável supor que houve, naquele momento, um **objetivo** a ser alcançado, um **propósito**. Em relação a isso, algumas respostas obtidas foram muito significativas.

A estudante Carla, por exemplo, afirmou que “os modelos são construídos por observações, pesquisas e experimentações que possam dar algum embasamento científico” (CARLA.02-A) e a estudante Duda, que o modelo é “criado para representar ideias sobre um determinado assunto na ciência” (DUDA.02-A). Tomando como base, por enquanto, apenas essas duas expressões das estudantes Carla e Duda, sintetizamos suas respostas com a

afirmação de que os **modelos científicos são construídos para representar ideias** e nos colocamos em um caminho com duas pistas: construção e representação.

Ninguém constrói a partir do nada, mas toda construção supõe a preexistência de uma matéria-prima, algo que torne possível a empreitada. Margareth Morrison, ao falar dos dois diferentes sentidos de mediação a que o modelo pode ser submetido, afirma o seguinte:

No primeiro caso, nós modelamos um sistema físico de uma forma particular a fim de perceber como as leis e conceitos de uma teoria podem ser aplicadas com fins de explicação e predição. Neste caso, o ponto de partida é algum sistema físico acerca do qual há insuficiente conhecimento. Então, constroem-se modelos na tentativa de aprender mais acerca de suas características hipotéticas. No segundo caso, o modelo também funciona como uma forma de aplicar a teoria, mas o ponto de partida seria a própria teoria. A fim de aplicar leis altamente idealizadas e abstratas ao fenômeno, primeiro devem-se construir modelos que representem características específicas do sistema em que a teoria será aplicada. (MORRISON, 2015, p. 119).

Ou seja, a construção de um modelo pode se dar tanto a partir dos fenômenos, modelados como um sistema físico para aplicação (e até mesmo modificação ou adequação) das assunções teóricas, quanto a partir das próprias assunções teóricas.

Neste ponto, em particular, algumas ideias dos(as) estudantes concordaram com Morrison quanto ao uso das teorias como matéria-prima. A estudante Graça, por exemplo, afirma que os modelos “são criados a partir das teorias” (GRAÇA.04-A(1)), o estudante Edson diz que o modelo é “uma forma de sustentar a teoria” (EDSON.04-A(1)), enquanto a estudante Júlia vai além, quando afirma que “à medida que novos conhecimentos vão sendo acrescentados às teorias, os modelos podem mudar” (JÚLIA.05-A(2)). Para Duda, “uma teoria testada e verdadeira se tornará um modelo” (DUDA.04-A(1)).

O fenômeno também pode ser usado como matéria-prima para a construção de um modelo, o que parece ser desconhecido ou ignorado pelos(as) estudantes quando observamos respostas como a da estudante Fran, por exemplo, ao afirmar que “os fenômenos químicos ocorrem através de uma equação química” (FRAN.08-A), ou da estudante Graça, ao escrever que “as equações químicas nada têm a ver com os fenômenos” (GRAÇA.08-A(1)). De fato, nenhum(a) estudante conseguiu formular uma resposta que relacionasse a construção dos modelos aos dados do fenômeno, de forma que deduzimos não ser este um pensamento trivial, pelo menos não tanto quanto parece ser intuitiva a ideia de que os modelos são construídos a partir das teorias.

Ao considerarem apenas as teorias como matérias-primas para a construção dos modelos, **as respostas dos(as) estudantes se aproximam bastante de uma visão, ainda que irrefletida, muito próxima da tradição sintática das teorias científicas** (discutida no capítulo 2), **que considera os modelos como consequências das teorias**. Para os defensores

da tradição sintática, os modelos possuíam um papel meramente acessório, com o propósito de ilustrar o que a teoria afirmava acerca do fenômeno, de modo a possuir apenas valor pedagógico, estético ou psicológico, mas nenhum valor científico.

Consideramos que esta visão, além de fomentar uma subutilização dos modelos, como se fossem apenas ferramentas ilustrativas, contribui para a formação de um(a) professor(a) com uma visão limitada acerca da construção do conhecimento científico. Salientamos, aqui, que uma visão ontologicamente mais ampla e profunda dos modelos pode conduzir a visões epistemológica e pedagógica igualmente amplas e profundas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da educação científica, o que envolve a formação de professores(as).

Se é um fato que **os modelos científicos são construídos para representar ideias, então a representação deve ser um propósito para a construção de um modelo, embora não o único**. E, sendo a representação um propósito, não pode ser ela mesma a essência do modelo, mas algo atribuído a ele, ou seja, entendemos que o modelo não é uma representação, mas que ele **pode fazê-la**.

No entanto, aparentemente a definição mais usual de modelo na literatura é aquela que o coloca como representação de algo (MORRISON, 2015; BOESCH, 2015; KNUUTILA, 2011; ADÚRIZ-BRAVO; ARIZA, 2012; CHAMIZO, 2010; BAILER-JONES, 2009), sendo também majoritária nas respostas dos(as) estudantes pesquisados, como exemplifica o que foi dito pela estudante Ana: “um modelo é a representação que temos como base para nos referirmos a determinada coisa” (ANA.02-A(1)), ou mesmo pelo estudante Edson, que entende o modelo como uma “representação da teoria em um campo real” (EDSON.04-A(2)).

O tipo de representação que normalmente aparece entre os pesquisadores da filosofia da ciência passa muito mais uma ideia de versão do que de espelhamento. Assim, o modelo seria uma versão idealizada ou abstrata da realidade, e não a sua imagem, como que num espelho, não guardando, portanto, todos os atributos que possam ser referidos ao objeto real, mas omitindo alguns (abstração) ou acrescentando outros que não estavam ali (idealização). Em outras palavras, o processo de construção do modelo exige que se abstraia do objeto a ser representado apenas as características que interessam para a produção do conhecimento.

Para Adúriz-Bravo (2012, p. 8), “os modelos da Química são modelos a-partir-de-algo porque são desenvolvidos com auxílio de ideias teóricas consensuais que indicam aos químicos o que representar e o que deixar de lado”. Bailer-Jones (2009), acrescenta que quando se diz que o modelo representa algo, se quer dizer qual fenômeno (ou que aspectos do fenômeno) é objeto do modelo. Além disso, Giere (2004) salienta o caráter pragmático que se

pode atribuir ao processo representacional do modelo, ao propor que um indivíduo (ou comunidade científica) usa um modelo para representar certos aspectos do mundo com um determinado propósito.

Levando em conta todas estas contribuições acerca da idealização/abstração requerida para o modelo, o item 04-B, do protocolo de entrevistas, envolveu o uso de um vídeo curto (com duração de 32 segundos), apresentando uma reação de precipitação do iodeto de chumbo a partir do nitrato de chumbo II e do iodeto de potássio. Um diálogo estabelecido entre o pesquisador e cada um(a) dos(as) entrevistados(as) remeteu justamente à construção da equação química a partir do fenômeno e aos aspectos daquele fenômeno que fariam parte do modelo. Usaremos, para exemplificar, apenas o excerto de um dos diálogos.

Pesquisador: qual seria o papel da equação, neste caso?

Duda: *eu acho que a equação iria representar o que aconteceu, mas de forma mais compacta, mais simples... representar o necessário pra entender o que aconteceu ali, mas de forma mais simples.*

Pesquisador: a equação não mostraria tudo o que foi visto aqui?

Duda: *não mostraria tudo, mas mostraria o suficiente, o necessário.*

Pesquisador: pra você escolher a forma como você vai escrever, ou os aspectos do fenômeno que esta equação vai descrever, dependeria de quê?

Duda: *dependeria do conteúdo que eu quero investigar.*

As colocações de Duda parecem se referir ao caráter pragmático da representação que se pode atribuir ao modelo, pois percebemos, ao final do excerto transcrito acima, que ela considera a atividade de abstração necessária ao modelo como dependente do conteúdo a ser investigado. Paraphrasing suas palavras, podemos dizer que ela usa as equações químicas para representar certos aspectos da reação de precipitação do iodeto de chumbo II, com o propósito de abordar certos aspectos do conteúdo como, por exemplo, a relação estequiométrica entre um dos reagentes e o produto.

Acerca da relação representativa do modelo com o fenômeno, a resposta da estudante Duda, “o fenômeno é algo mais realista, enquanto o modelo é idealizado” (DUDA.05-A), está fazendo uma importante distinção: **o modelo não é o fenômeno**, o que é corroborado, mesmo que de forma mais branda, pela estudante Júlia, quando diz que “os modelos podem, nem sempre, condizer com a realidade” (JÚLIA.05-A(1)), concordando com o pensamento de Bailer-Jones:

Praticamente nunca os modelos pretendem descrever um fenômeno em sua totalidade. Eles se colocam em tarefas menores e fáceis de gerenciar, e se concentram apenas em aspectos selecionados dos fenômenos. (BAILER-JONES, 2009, p. 190).

No entanto, esta posição de diferença não parece ser compartilhada pelo estudante Bob, pois para ele, escrever uma equação química “é como trazer para o papel o que está

ocorrendo na realidade. É a escrita do que ocorre quando as substâncias interagem” (BOB.04-B.t3). Assim também pensa a estudante Ana, que afirma que a fórmula estrutural usada pela professora de Química Orgânica serve “pra gente ver o que realmente está acontecendo” (ANA.01-B.t8(2)).

Problematizar o papel das idealizações e/ou abstrações na construção dos modelos pode contribuir para melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem de Ciências, de um modo geral, e da Química, em particular. Embora, de modo geral, os(as) estudantes tenham uma ideia de que modelo e realidade não são a mesma coisa, a impressão que Bob (BOB.04-B.t3) e Ana (ANA.01-B.t8(2)) passaram é que esta é uma relação da mesma ordem que uma imagem no espelho: sabemos que o reflexo não somos nós, é apenas uma imagem, mas guarda todas as nossas características aparentes, ou seja, a imagem do espelho reflete fielmente aquilo que se apresenta como realidade. “Trazer para o papel o que está ocorrendo na realidade”, portanto, pode significar que estamos fazendo uma imagem espelhada fiel à realidade, guardando todas as suas características para, como nas palavras do próprio Bob, “uma melhor visualização do que é dito” (BOB.02-A).

Conforme discutido no Capítulo 3, a Química possui uma característica muito peculiar: a relação fortemente pictórica que os modelos guardam com os fenômenos. Sem dúvida, esta característica também se percebe nas salas de aula de Química, como mostram, por exemplo, as respostas de três sujeitos: Ana, Bob e Duda.

(...) em Orgânica, usa-se mais a fórmula estrutural pra gente ver o que é que realmente está acontecendo (ANA.01-B.t8(2)).

Eu entendo que o modelo científico é construído a partir do que, por exemplo, você está estudando. Uma coisa... um determinado fenômeno que acontece. E pra você trazer isso de uma forma mais visível para as pessoas, você constrói um modelo. Não sei se o modelo vai representar fielmente o que está acontecendo, mas querendo ou não eles ajudam muito. Mesmo que não seja aquilo ali, realmente, mas você visualizar fica muito mais fácil pra sua mente, assim... “ah, como é que aquilo aconteceu?”. Se fosse só em palavras, é complicado. Mas quando você traz um modelo assim, e mostra, aí você consegue enxergar mais. (BOB.02-B.t4, transcrição completa).

As equações químicas são imprescindíveis para o entendimento das reações químicas, pois se não houver algo visível, não haverá algo concreto para o estudante basear-se (DUDA.10-A(2)).

Acerca do uso de modelos materiais, como bola-e-vareta, em função da necessidade de visualizar, a resposta da estudante Fran é muito significativa:

(...) em alguns casos, por dificuldades de visualização da representação por meio do modelo, a correlação com a teoria é menos efetiva. (...) quando uma professora de Química Orgânica começou a utilizar o modelo de varetas em suas aulas, eu tinha muita dificuldade de correlacionar com a teoria e ficava com a sensação de que era a única da disciplina que não conseguia visualizar. Mas, com a utilização frequente,

comecei a entender melhor e, por fim, consegui ver a relação dos modelos com a teoria que estava envolvida. (FRAN.04-A).

Para além disso, a representação de uma substância pela sua formulação não é a sua própria identidade. Entendemos que a fórmula química de uma substância constitui-se num modelo idealizado do conceito teórico, sendo sua visualização tão problemática quanto a do desenho do orbital. Porém, tudo isso é não apenas permitido na Química e no seu ensino, como muitas vezes desejado, já que a este poder de visualização está associada uma diminuição tanto da dificuldade de ensinar o conteúdo, quanto de aprendê-lo. Neste sentido, a resposta da estudante Ana, ao descrever os passos para resolver um problema de cálculo estequiométrico que constou no item 06-B, do protocolo de entrevista, levou ao seguinte diálogo:

Ana: primeiro de tudo, eu preciso ver o que está acontecendo.

Pesquisador: ver como? Visualizar, imaginar...

Ana: através da equação. Eu posso abstrair e ver o que está ocorrendo, mais ou menos, o que a equação me dá suporte para. Então, escrevo a equação.

Na Química e em seu ensino há uma grande necessidade de visualizar os processos, talvez devido ao alto nível de abstrações e idealizações requeridos em seu estudo. Talvez em função disso, as relações entre os modelos e os fenômenos tendem a ser fortemente pictóricas.

(...) a Química, atualmente, tem um caráter particularmente visual na manifestação de suas teorias. Essa valorização das representações pictóricas da teoria (...) fez aflorar um caráter de realidade para as entidades submicroscópicas da Química. (LEMES; PORTO, 2013, p. 126).

Pensando neste “caráter de realidade” que Lemes e Porto se referiram, questionamos os(as) estudantes acerca de uma definição para modelo, sendo quase unânimes, como já dissemos, as afirmações de que **são representações da realidade**. O mesmo questionamento, agora acerca da equação química, obteve como resposta majoritária que seria uma representação da reação química. No entanto, como demonstra o excerto de um diálogo com a estudante Hilda, referente ao item 04-B, reproduzido abaixo, parece não haver uma clareza acerca do que significa esta representação, nem como ela se dá.

Pesquisador: você acha que a equação é a reação?

Hilda: *se a equação é a reação? É! É a representação da reação, não? Eu acho que é a representação da reação.*

Pesquisador: aí você entende o que por representação?

Hilda: *é porque na verdade a gente aqui aprende que elas são representações, as coisas são representações... é... tanto que quando a gente vai falar sobre molécula, substância... é... ‘qual é... qual dessas figuras abaixo representa uma molécula?’ porque a molécula não é assim... a molécula... a gente não tem como ver a molécula. Então quando a gente fala de representação é no sentido de...*

Pesquisador: a representação é a coisa representada?

Hilda: *eu acho que é, sim.*

Pesquisador: aquela figura que representa é a molécula?

Hilda: *acho que sim.*

Pesquisador: então a equação seria a reação.

Hilda: *É!*

Pesquisador: se a equação é a reação, então tudo que acontece aqui (apontando para o vídeo) está na equação?

Hilda: *Não, porque na equação não tem dizendo a coloração, a mudança de coloração. A equação não vai dizer.*

Pesquisador: vai dizer o que, daí?

Hilda: *ela só vai dizer o que foi que formou, se foi um sólido, se foi líquido, se vai haver mudança de estado ou não, vai mostrar a estequiometria, vai mostrar se foi íon, se não foi...*

Pesquisador: então a equação, ela não descreve tudo o que ocorreu.

Hilda: *tudo não.*

Pesquisador: então em que medida a equação é a reação?

Hilda: *é como se fosse a parte matemática, né não? Então... é como se fosse a representação matemática daquilo, que na verdade não é tão matemática assim, mas é a representação em letras, de forma algébrica, do que está acontecendo.*

As palavras de Hilda demonstram uma ideia de representação como uma cópia, um espelhamento da realidade, apesar de reconhecer que nem tudo daquela reação estará presente na equação química. No entanto, como resposta ao item 02-B, em certo momento do diálogo ela afirmou que “o modelo é uma representação bem próxima da realidade. Eu acredito que ela tenta se aproximar do real” (HILDA.02-B.t2).

Isto nos leva a inferir que há uma deficiência importante na formação de Hilda – e possivelmente dos(as) outros(as) estudantes – no que diz respeito à ausência de discussões acerca do significado do termo “representação” e/ou de como um modelo representa algo. Ao afirmar num momento anterior que “o modelo não é a realidade” (HILDA.02-B.t1) e em momento posterior que “a equação é a reação” (HILDA.04-B.t5), aparentemente ela não reconhece a equação química como um modelo da reação, pois demonstra que o tipo de representação que a equação faz é diferente do que um modelo faz.

Ora, se é dito que a realidade, e mais especificamente as reações químicas, são referentes dos modelos, então a forma como os(as) estudantes percebem a realidade deve afetar as interpretações que fazem acerca dos modelos, e vice-versa. Neste caso, concordamos com Machado (2000, p. 41), quando diz que “no caso das equações químicas há uma estreita relação entre o registro e certa forma de pensar o fenômeno”, sendo o fenômeno correspondente à própria realidade (ou certos aspectos dela) e o registro, aos modelos.

Especificamente dentro de nossa pesquisa, a realidade a que nos referimos está relacionada às reações químicas, sendo as equações químicas os modelos que abstraem/idealizam os aspectos relevantes da realidade e que permitem estabelecer a relação entre as assunções teóricas e o fenômeno.

Assim, **consideramos como visão macroscópica aquela que relaciona as reações químicas com uma mudança nas propriedades das substâncias, como se verifica na**

resposta do estudante Edson, quando afirma que é “transformação de uma matéria em outra” (EDSON.06-A(1)), bem como na do estudante Bob, que diz que é uma “interação entre substâncias” (BOB.06-A(1)).

Por outro lado, **consideramos como visão submicroscópica da reação química a que relaciona o fenômeno a fatores não necessariamente perceptíveis, porém informados pelas teorias**, como percebemos nas respostas da estudante Duda, que afirma que “os átomos se reorganizam entre si mesmos, ou na presença de outros átomos, formando uma nova espécie” (DUDA.06-A(1)) e da estudante Hilda, ao dizer que “para ocorrer uma reação tem que ter quebra e formação de ligações” (HILDA.05-B.t1).

Entendemos as visões macroscópica e submicroscópica como complementares e necessárias para uma interpretação mais adequada das reações químicas. Segundo Ribeiro (2008, p. 3), “Desta relação de superveniência, dos diferentes níveis de descrição e análise da Química, origina a necessidade de modelos como recurso metodológico de explicação”. **E, justamente agindo como modelos é que entendemos ser o papel das equações químicas fazer a mediação entre os dois níveis.**

O estudante Edson, mesmo de forma não intencional, tenta mostrar sua adesão a esta posição quando afirma que a equação “mostra de uma forma macro o que acontece de forma micro. Com isso as equações cumprem um papel de facilitadora do entendimento químico e também de caracterizar o conhecimento químico” (EDSON.10-A), linha que é parcialmente acompanhada pela estudante Hilda, ao dizer que a equação química representa “de forma macroscópica como as reações químicas ocorrem” (HILDA.10-A(1)).

O problema que identificamos nestas declarações de Edson e Hilda é que eles parecem considerar a equação química como o nível macro. Entendemos que o nível macro seria o fenômeno observável, as mudanças nas propriedades visíveis como a mudança de cor e a formação de precipitado, e a consideração que as reações envolvem transformações de substâncias. Já o nível submicro envolve as entidades teóricas ou processos não necessariamente observáveis, como átomos, moléculas, íons, quebra e formação de ligações etc..

As equações químicas, como modelos, fazem a ponte entre o que é visível e o que não é, através de representações simbólicas (fórmulas, setas, sinais gráficos etc.). Quando escrevemos uma equação química estamos relacionando certas informações dos fenômenos com algumas assunções teóricas sobre eles, numa espécie de mediação. Neste sentido, consideramos ser um pensamento inadequado e, de certa forma, ingênuo (porque acrítico),

aquele que coloca a equação como a representação macro de algo micro, o que foi reiteradamente dito por alguns estudantes.

Esta dificuldade em relacionar os níveis macro e submicro é recorrente na literatura, conforme mostramos no capítulo 5, e as respostas dos estudantes nos mostram que não parece haver algum movimento no sentido de superá-la, pelo contrário, aprofunda-se esta dificuldade na medida em que, na formação dos futuros professores, não ocorrem discussões acerca do papel das equações químicas como **mediadoras** entre as reações e as assunções teóricas. Quando um(a) estudante diz que aquilo que ele(a) está escrevendo é a visualização do fenômeno, demonstra certa falta de criticidade em relação ao que significa a equação química.

6.2 Dimensão Epistemológica

Entendemos que os modelos científicos são artefatos construídos e utilizados com o objetivo de contribuir para a construção de certo tipo de conhecimento. **Sendo as equações químicas os modelos das reações químicas, buscamos investigar junto aos(as) estudantes como os modelos, em geral, e as equações químicas, em particular, são utilizadas nas disciplinas específicas que compõem o curso de Licenciatura em Química.**

No tratamento dos dados, a dimensão epistemológica foi pensada tanto para as respostas ao questionário, quanto às entrevistas. Ao final, o *corpus* se mostrou fecundo para as categorias indicadas na figura 7 (p. 108).

Definidas as categorias, procedemos à busca de respostas para a questão norteadora desta dimensão da pesquisa: **como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?**

Epistemologicamente falando, **representação e uso pragmático** têm a ver com a visão dos(as) estudantes acerca do uso de certa forma de representar, sendo a **explicação** um objetivo a ser alcançado. É o caso, por exemplo, das respostas da estudante Ana, no diálogo que envolveu o item 01-B, do protocolo de entrevistas, cujo fragmento apresentamos a seguir:

Pesquisador: O que difere, se é que tem diferença, entre o uso desta equação no contexto do cálculo estequiométrico, em que você vai calcular a quantidade do produto, e tal, e no contexto de Química Orgânica, que você vai explicar o processo, o mecanismo de substituição... o que muda nas duas equações? Você consegue enxergar isso? As equações são as mesmas? Você usa a mesma forma de escrever nos dois casos?

Ana: Não, a representação muda. A representação, normalmente em Orgânica, a gente prefere abrir mais a estrutura, não usa muito condensada como é permitido, vamos assim dizer, para calcular o rendimento estequiométrico. Em Orgânica usa mais a fórmula estrutural para a gente ver o que é que realmente está acontecendo, então a representação vai mudando de um caso para outro. (ANA.01-B.18, transcrição completa).

Pesquisador: Se a representação muda, você acha que a informação muda também?

Ana: *Muda... muda porque se eu estou com fórmula estrutural e tem um 2-cloro... hum... deixe ver... tem um 2-clorobutano eu... deixe ver... não vai mudar muito, mas tipo, se eu estou com a fórmula estrutural eu vou ver, mais ou menos, em que carbono vai entrar, e se estiver condensada eu não vou.*

Percebe-se, na resposta, que a escolha do tipo de representação varia em função do conhecimento que se quer promover, ou ainda, da explicação que se quer construir. Formas diferentes de representar o mesmo fenômeno conterão informações diferentes acerca do fenômeno. É neste sentido que entendemos que o poder explicativo do modelo está vinculado ao seu poder representacional.

A resposta de Ana acerca das diferentes formas de representar encontra eco nas respostas de outros(as) estudantes, como Duda, no fragmento de diálogo que apresentamos abaixo:

Pesquisador: Você lembra como foram trabalhadas as equações químicas em cada disciplina? Foi da mesma forma?

Duda: *Tiveram suas diferenças. Em Geral I, a gente trabalhou muito a questão de saber balancear a equação química, assim... pelo que eu me lembro em Geral I, assim, é... em Geral II a gente trabalhou um pouco da questão energética, com ΔH também envolvido, em Físico-Química mais ainda essa... essa relação, e em Analítica, eu me lembro que a gente trabalhava muito a gente saber neutralizar, como seria a neutralização... a gente trabalhou muito a equação química também, agora não me lembro assim, exatamente como. E em... Orgânica, Orgânica foi um jeito diferente das demais, porque nas demais a gente sempre tinha produtos e reagentes, e na... na... na Orgânica, ou era os reagentes, ou os produtos, com alguns acréscimos em cima da... da... da seta, elas... a professora sempre misturava, ou dava todos os reagentes e pedia quais seriam os possíveis produtos, sempre assim.*

Pesquisador: E a forma de colocar a equação... de desenhar a equação? Era da mesma forma que Geral, quando a professora ia falar, por exemplo, uma substituição de um hidrogênio pelo cloro, num alceno... ela ia mostrar o mecanismo, ela usava a equação química do mesmo jeito que Geral usaria, ou que Analítica?

Duda: *No caso, ela iria abrir a cadeia, né... representar todas as linhas e... ligações... é... realmente é diferente. Na Química Orgânica ela vai mostrar onde que vai entrar, mostrando as setas, se tem rearranjo... a representação é bem diferente.*

Pesquisador: Se são representações diferentes do mesmo fenômeno, você entende que tem informações diferentes passadas pelas equações químicas, que elas estão falando coisas diferentes sobre o fenômeno? O que você acha?

Duda: *É... ela está passando coisas diferentes e nós estamos buscando coisas diferentes dela, porque quando o professor de Geral II vai analisar isso, ele não... não tá analisando o... como tá ligado o cloro, como vai entrar, como vai sair, qual é a nuvem eletrônica que tá envolvida... ele não está analisando isso. Ele vai analisar mais a questão energética, a quantidade, proporções... é diferente. É bem diferente mesmo.*

Ainda sobre a questão da escolha do tipo de representação que melhor se encaixará na explicação que se quer, trazemos a contribuição da estudante Hilda acerca do uso de modelos materiais: “o modelo de bolas de assoprar é, às vezes, melhor do que o modelo de bola-e-vareta para explicar como ocorre a repulsão espacial” (HILDA.02-B.t4(2)). E

analisando as outras respostas, parece haver um consenso de que a escolha do tipo de representação está vinculada ao tipo de explicação que se quer construir ou ao conhecimento que se quer obter.

No entanto, ter esta consciência de que há diferenças nas representações em função dos objetivos não significa que haja uma compreensão clara acerca do papel da equação química, como modelo, nem mesmo como se dá a própria representação, conforme demonstram as respostas a seguir:

A equação química não ajudaria a explicar o fenômeno porque você mostra uma coisa muito visível pra ele, uma coisa assim ‘ah, meu Deus, mudou a cor’, e agora você joga aquela equação toda e eles vão ficar ‘hã? O que é isso? (BOB.04-B.t2(1)).

A gente fica até sem saber o próprio significado dela, e o quanto ela pode representar as coisas e a gente não percebe, e não nos foi ensinado o quanto elas podem representar. (HILDA.03-B.t4(2)).

Eu sei que a gente vê equação química em tudo, mas eu nunca me perguntei porquê eu usei a equação. Eu sei que não dá pra explicar sem a equação, mas eu não sei explicar o porquê disso. (ANA.04-B.t6(6)).

Eu nunca tinha parado para pensar que ela era uma coisa bem específica da Química, que ali dizia muita coisa que as pessoas que não são químicos, ou não estudem Química, não conseguem perceber. (EDSON.01-B.t2(2)).

Percebemos, nos fragmentos, que **os(as) estudantes usam as equações químicas em suas respostas aos problemas propostos** e até mesmo veem o uso das equações pelos professores, ao construírem suas explicações, **mas parecem não ter muita noção de como se dá aquele uso, nem mesmo os motivos que os levam a usar**. O uso das equações parece acontecer de modo automático, como se fossem meros algoritmos das reações químicas: colocam-se as fórmulas das substâncias reagentes separadas por um sinal de adição, depois uma seta e, em seguida as fórmulas das substâncias que se formam, também separadas por sinais de adição; o balanceamento é feito contando-se as letras iguais nos dois lados da equação e, no caso de haver diferenças nas quantidades, usam-se números à frente das fórmulas que contém aquelas letras e, desta forma, pensa-se estar aprendendo Química.

Como modelos, as equações químicas podem agir, entre outras coisas, como sistemas para aplicação de teorias (substituindo os fenômenos) e como instrumentos de medida. No entanto, esta percepção também não parece ser trivial para os(as) estudantes, o que concorda com as conclusões de Laugier e Dumon (2004, p. 328) acerca do balanceamento: “(...) eles acreditam que podem balancear uma equação química porque é uma operação que requer uma aritmética simples, mas, no caso deles, esta habilidade não significa que compreendem o que é uma equação química”.

Este problema foi verificado quando foi perguntamos aos sujeitos como poderíamos verificar a Lei da Conservação da Massa numa reação química (item 03-B, do protocolo de entrevistas). Embora reconheçam que as equações químicas são usadas para representar as reações químicas, e que as assunções teóricas participam na elaboração dos modelos, os(as) estudantes demonstraram grande dificuldade para relacionar a Lei da Conservação da Massa com a equação química e o fenômeno, conforme mostram alguns excertos de diálogos abaixo:

Pesquisador: Como a gente pode verificar a Lei da Conservação da Massa em uma reação química?

Hilda: *Acho que só pelos cálculos estequiométricos, eu acho, porque a gente tem que saber que a quantidade de matéria do início tem que ser igual ao final. Então, isso só calculando mesmo.*

Pesquisador: Como você faria?

Hilda: *Eu acho que não tem como ver isso macroscopicamente não. Como é que a gente vai saber que 2... eu acho que visualizando não tem como não. Eu acho que não. Ou, se tem, eu nunca percebi e eu nunca parei pra pensar.*

Pesquisador: Tem como verificar a Lei da Conservação da Massa na equação química?

Hilda: *Eu acho que não. Só pela estequiometria... então, pela estequiometria você vai saber, porque se tiver 1 mol de um reagente com 1 mol de outro reagente, vai ter que formar 2 mol no produto, porque não vai poder mudar.*

Pesquisador: (...) Como é que eu percebo a Lei da Conservação da Massa ali, no fenômeno?

Bob: *Tipo... tô fazendo uma reação no laboratório: como eu posso perceber, dentro daquela reação, que está ocorrendo... não sei.*

Pesquisador: Eu acredito que uma solução seria pesar os reagentes, em recipiente fechado como preconiza a Lei, e pesar o produto final. Você pesa um, pesa outro, em condições ideais, as massas deverão ser as mesmas. De que outra maneira eu poderia fazer isso sem precisar usar uma balança?

Bob: *Sei não. Conservação da massa sem usar a balança... acho que só fazendo os cálculos a partir... não sei.*

Pesquisador: o que é o balanceamento da equação?

Bob: *É justamente esta conservação da massa.*

Pesquisador: você balanceia a equação por quê?

Bob: *Pra respeitar essa conservação da massa.*

Pesquisador: Então seria uma segunda maneira de verificar?

Bob: *É, mas aí eu vou estar fazendo no papel.*

Pesquisador: Como é que eu posso verificar a Lei da Conservação da Massa numa reação química?

Ana: *Deixe eu ver... é... pelos coeficientes estequiométricos que eu vou... é... não é basicamente o coeficiente estequiométrico... como é que eu vou...*

Pesquisador: Isso, você está diante de uma reação química no laboratório, fazendo uma experiência. Eu quero saber de que maneira você verifica a Lei da Conservação da Massa na experiência.

Ana: *É... vendo a matéria, pesando o material de partida e depois calculando o rendimento. Seria isso?*

Pesquisador: Certo. Usando algum instrumento para medir?

Ana: *Uma balança.*

Pesquisador: Tem outra forma de verificar a Lei da Conservação da Massa naquele fenômeno?

Ana: *Verificar... tipo no papel? Escrito? Pra mim seria a reação no quadro, fazer e ver... pra mim... o que eu tenho aqui é... vou ter que ver no final, não necessariamente do mesmo modo como tá lá.*

Pesquisador: Fala de escrever uma equação?

Ana: *É.*

Pesquisador: O que, na equação química, quando você escreve a equação... o que mostra pra você a Lei da Conservação da Massa?

Ana: *Os coeficientes estequiométricos.*

Pesquisador: Ok. Qual o papel da equação em relação ao fenômeno?

Ana: *Mas o fenômeno não seria a equação, o que acontece lá?*

Pesquisador: Como é que eu posso verificar a Lei da Conservação da Massa numa reação química?

Duda: *Numa reação química... pela concentração, no caso, as concentrações iniciais e finais, a gente vai saber quanto de massa tem ali dentro, mas aí...*

Pesquisador: Você acha que daria pra verificar a Lei com uma equação química?

Duda: *Com uma equação química, só se fosse algo muito idealizado. Eu não iria pra equação química.*

Pesquisador: O que é o balanceamento da equação?

Duda: *O balanceamento? A gente vai fazer o balanceamento pra saber a mesma proporção que tem de reagentes antes da reação tem de produtos, depois.*

Pesquisador: De alguma forma não permite verificar a Lei da Conservação da Massa, quando você faz o balanceamento?

Duda: *Sim, mas tudo na teoria.*

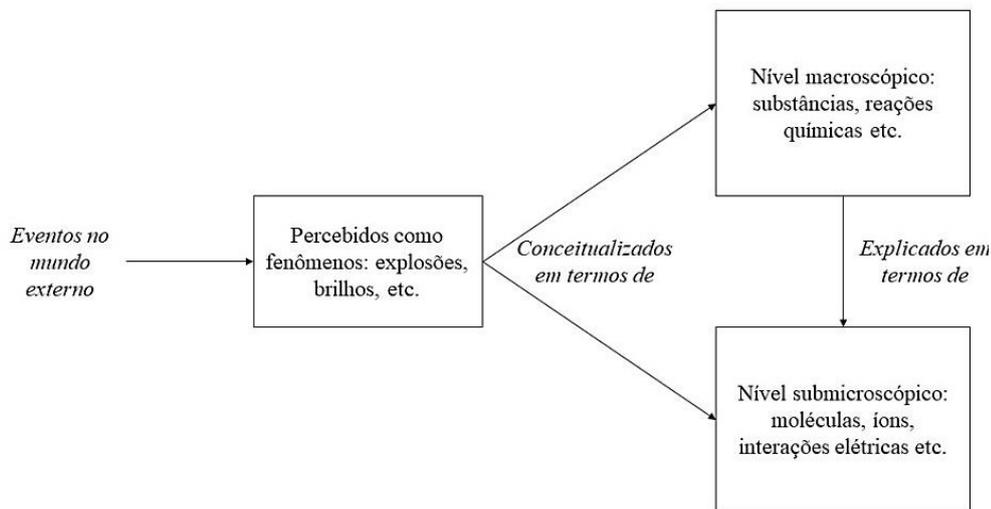
Daqueles que tiveram as respostas transcritas acima, com exceção da estudante Ana, os demais mostraram dificuldade em pensar no balanceamento da equação química como uma forma de verificação da Lei da Conservação da Massa, o que nos leva a inferir que **não compreendem porque fazem o balanceamento de uma equação, e nem compreendem a ideia da equação como aplicação da teoria e substituto dos fenômenos.**

A impressão que temos é que **o balanceamento é tido como um tipo de aplicação algébrica ou quebra-cabeças**, onde o objetivo final é igualar as quantidades de letras antes e depois da seta, porém **sem uma reflexão acerca da aplicação teórica da Lei da Conservação da Massa ao fenômeno em estudo através da equação.**

Além disso, diversas pesquisas em ensino de Química (TABER, 2013; TALANQUER, 2011; LAUGIER; DUMON, 2004) têm revelado que há uma grande dificuldade entre os estudantes em estabelecer a transição entre os níveis macroscópico e submicroscópico em relação às reações químicas, e **nós percebemos, na nossa pesquisa, que esta dificuldade se estende à compreensão da equação como mediadora entre os dois níveis, numa dimensão ontológica.**

O nível macroscópico do conhecimento químico envolve as descrições dos fenômenos e o nível submicroscópico engloba entidades ou processos não necessariamente sensíveis, como átomos, moléculas, íons, quebra e formação de ligações etc.. A Figura 10, abaixo, representa a percepção de Keith Taber acerca da relação entre os níveis macro e submicro.

Figura 10 – Relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico.



Fonte: Taber (2013, p. 159).

De acordo com o autor, o conhecimento no nível macroscópico é explicado pelas assunções teóricas que compõem o nível submicroscópico. Este pensamento é acompanhado pelo estudante Edson, ao afirmar que “muitos fenômenos que vemos no campo macroscópico só podem ser explicados num nível atômico” (EDSON.05-A(2)).

Talanquer, no entanto, faz uma advertência importante acerca de como compreendemos o nível macroscópico do conhecimento.

(...) nós devemos ter muito cuidado acerca das afirmações que sugerem ser o nível macroscópico mais “concreto” que o submicroscópico, ou que os estudantes têm mais facilidade em assimilar as ideias no nível macro do que no nível submicro. Conceitos usados em Química para caracterizar as propriedades macroscópicas da matéria, como substância, elemento, energia, entropia são tão abstratos e conceitualmente desafiadores quanto os conceitos de átomo, molécula e elétron. (TALANQUER, 2011, p. 183).

As palavras de Talanquer, conquanto importantes, nos permitem olhar com mais criticidade algumas respostas dos(as) estudantes que consideram o nível macroscópico como o concreto e afirmam que o papel dos modelos (ou das equações químicas) é “a representação do abstrato” (HILDA.05-A(2)).

O excerto reproduzido abaixo é de um diálogo estabelecido com a estudante Ana, referente ao item 06-B do protocolo de entrevistas, e pode ajudar-nos nesta discussão entre concreto/macroscópico e abstrato/submicroscópico:

Pesquisador: O que aparece na equação que não aparece no fenômeno?

Ana: O que está reagindo, o que está formando, tem o estado de agregação, a estequiometria, o balanceamento... a gente sabe que a seta é de formação dos produtos, o “+” significa o somatório dos produtos e dos reagentes. No fenômeno a gente não bota o “+” porque a gente vê que já está adicionando um ao outro e

também tem a seta, porque a gente já obtém o resultado a partir do que adiciona. Mas aqui também não vê a coloração...

Pesquisador: Que está lá, no caso, naquele caso lá...

Ana: *É... então esses detalhes vão mudar de resposta para resposta... a gente não vê o... a gente vê a substância, a gente não vê o “S”, o “O”, a gente vê a substância, já... já ‘coisa’ ali... a gente não tem como ver a representação dos átomos, a representação das moléculas... por isso que é representação: a gente não vê o átomo, a gente não vê a molécula, a gente vê as substâncias compostas já ali no... pra manipular. E aqui não, aqui a gente tá trabalhando com as representações de moléculas, de átomos...*

Pesquisador: Qual a diferença disso? Tem alguma implicância, isso?

Ana: *Muita! Tipo, os estudantes têm que saber diferenciar molécula, átomo, íon, a representação, saber que isso é abstrato, que isso a gente não tem como visualizar um átomo por causa do tamanho dele, mas a gente tem que compreender isso, como é que ele se comporta, como é que as coisas se comportam, entender o macroscópico, que seria o fenômeno.*

Pesquisador: O fenômeno é macroscópico, é o que a gente vê...

Ana: *É.*

Pesquisador: E a equação?

Ana: *A gente tá vendo, mas a gente tá trabalhando no nível microscópico... é... porque é átomo, é íon... é uma representação.*

Pesquisador: E você acha que isso seria uma dificuldade para os estudantes compreenderem a equação química?

Ana: *Sim, porque é muita abstração que tem pra poder compreender. (...)*

A resposta de Ana indica que as explicações do fenômeno (macroscópico) são fornecidas pela compreensão do nível submicroscópico (molécula, átomo e íon). Além disso, não temos dúvida de que a estudante entende a equação química como uma forma de representar o fenômeno, mas a sua percepção parece ser que o abstrato encontra-se apenas no nível submicroscópico, sendo o macroscópico considerado como o que é visível.

Outra resposta que consideramos significativa nesta discussão entre o que é concreto e o que é abstrato veio da estudante Duda, acerca do papel das equações químicas na explicação acerca das reações químicas. Ela pontuou que “as equações químicas são imprescindíveis para o entendimento das reações químicas, pois se não houver algo visível não haverá algo concreto para o estudante basear-se” (DUDA.10-A(1)).

Quando os estudantes colocam que a equação é a parte visível é como se estivessem colocando-a no bojo do nível macroscópico, o que consideramos extremamente problemático. O que podemos inferir desta interpretação é que os(as) estudantes consideram que as equações, por serem escritas e estarem, obviamente, visíveis, correspondem à visualização daquilo que o fenômeno não mostra, como as moléculas, átomos, íons etc. Várias respostas apontam nesta direção, como a de Hilda sobre o papel da equação química: “é representar de forma macroscópica como as reações ocorrem” (HILDA.10-A(1)).

Nosso entendimento das equações químicas (como modelos) as coloca, entre outras coisas, como mediadoras entre os dois níveis do conhecimento químico. Desta forma, a própria equação não deve ser considerada nem como o nível macroscópico, nem como o submicroscópico, mas como um veículo que permite o trânsito entre esses níveis. Acerca deste papel mediador, Taber considera que uma equação pode ser interpretada de duas formas:

Uma equação, como $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$, não apenas representa diferentes entidades, mas suas relações no processo químico. No nível macroscópico, este conjunto de símbolos representa reagentes e produto, mostrando que substâncias reagem e se formam. No nível submicroscópico, este conjunto de símbolos mostra que moléculas estão presentes antes e depois da transformação, e em que proporções, podendo se referir a taxas de mols tanto quanto a taxas de moléculas individuais. (TABER, 2013, p. 160).

No questionário aplicado, o item 09-A apresentou a equação $1 \text{NaOH(aq)} + 1 \text{HCl(aq)} \rightarrow 1 \text{NaCl(aq)} + 1 \text{H}_2\text{O(l)}$ e foi pedido aos(as) estudantes que escrevessem como a interpretavam. **Todas as respostas se referiram à equação em termos macroscópicos, ou seja, em termos de mol de substâncias, mas nenhuma se referiu à possibilidade de interpretar em termos submicroscópicos, ou seja, em termos de constituintes individuais.** Esta verificação talvez esteja relacionada ao que foi verificado por Meneses (2015) quando, em sua pesquisa, concluiu que os(as) estudantes possuem uma dificuldade importante para prover explicações no nível submicroscópico e que, por isso, frequentemente se atêm ao nível macroscópico.

Vale salientar que todos os estudantes pesquisados reconhecem o importante papel que a equação química desempenha no desenvolvimento do conhecimento químico. No entanto, a falta de uma maior discussão em suas formações acerca do papel mediador das equações, bem como das múltiplas formas que elas podem representar os fenômenos e aplicar as teorias, talvez seja um motivo para que os(as) estudantes, embora reconheçam o caráter representacional das equações químicas, demonstrem não compreender como isso ocorre.

6.3 Dimensão Pedagógica

A **dimensão pedagógica** da análise está relacionada com a abordagem acerca dos modelos e das equações químicas nas disciplinas específicas da Licenciatura em Química. O *corpus* mostrou-se fecundo para as categorias constantes na figura 8 (p. 110).

Definidas as categorias, procedemos a busca por respostas para a questão norteadora desta dimensão: **como são abordadas as equações químicas na formação inicial?**

A educação científica, segundo Hodson (1992), se desenvolve em torno de três objetivos: aprender ciência, aprender acerca da ciência e aprender a fazer ciência. Estes objetivos, de acordo com Justi e Gilbert (2003), estão intrinsecamente relacionados aos modelos científicos:

(1) para aprender ciência, os(as) estudantes devem conhecer as naturezas, os alcances e as limitações dos modelos científicos; (2) para aprender acerca da ciência, os(as) estudantes devem ser capazes de criticar o papel dos modelos na confirmação e divulgação dos resultados científicos; (3) para aprender a fazer ciência, os(as) estudantes devem ser capazes de criar, expor e testar seus próprios modelos. (JUSTI; GILBERT 2003, p. 1369)

As proposições feitas por Justi e Gilbert acerca dos objetivos para a educação científica, propostos por Hodson, não serão possíveis se, na formação inicial, são negados aos futuros professores os momentos de discussões acerca da construção e uso dos modelos científicos.

Conforme dito nos tópicos anteriores, referentes às dimensões ontológica e epistemológica, não há dificuldade entre os(as) estudantes para reconhecer os modelos como representações, mas esta parece ser a única consideração que há. A despeito disso, **diversas pesquisas têm discutido outros papéis que os modelos podem assumir** (MORRISON, 2015; DUTRA, 2013; ADÚRIZ-BRAVO, 2012; KNUUTTILA, 2011; MORGAN; MORRISON, 1999), **mas estas discussões, aparentemente, não fazem parte do repertório de saberes mobilizados pelos professores nas disciplinas específicas de Química**, como mostram as respostas de Edson e Hilda, reproduzidas abaixo:

Os modelos são apresentados: “modelo cinético dos gases é assim...”, “modelos atômicos são assim...”, exceto um pouco esta parte de modelos atômicos, porque a professora, de fato, discutia. Mas geralmente eles são jogados mesmo, assim e pronto, estabelecido. (EDSON.02-B.t1).

O que fazer a gente vê, realmente, aqui, e acho que aprende ‘naturalmente’ mesmo. Vai vendo, vai vendo e, de tanto ver, acaba que fica memorizado. (HILDA.01-B.t3(3)).

Os professores dizem que é uma representação, mas eles não dizem para que servem, realmente, esses modelos. (HILDA.02-B.t1(1)).

A gente fica sem saber o próprio significado dela, e o quanto ela pode representar as coisas, e a gente não percebe, e não nos foi ensinado o quanto elas podem representar. (HILDA.03-B.t4(2)).

A falta de discussões acerca dos modelos nas disciplinas implica no afastamento da dimensão prática proposta no art. 12, da Resolução CNE/CP n. 1, de 18 de fevereiro de 2002, que no parágrafo terceiro diz que “no interior das áreas, ou das disciplinas que constituírem os

componentes curriculares de formação, e não apenas nas disciplinas pedagógicas, todas terão a sua dimensão prática”.

Entendemos a dimensão prática proposta na resolução como constituída, no caso da Licenciatura em Química, pela discussão, no seio das disciplinas específicas, dos aspectos que afetam direta ou indiretamente a prática profissional do futuro professor.

Se, por exemplo, o professor de Química Geral I está trabalhando com estrutura atômica, compreendemos que a dimensão prática de sua aula se revelará quando ele levantar discussões acerca do ensino daquele conteúdo no nível médio, associando as teorias educacionais aos conteúdos químicos e às dificuldades de ensino e de aprendizagem levantados pelas pesquisas.

Quando perguntados acerca da mobilização desta discussão nas diversas disciplinas, as respostas dos(das) estudantes mostraram que ela ocorre em disciplinas que envolvem o ensino de Química e no âmbito das reuniões do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), como mostram alguns fragmentos abaixo:

Essas discussões de como os modelos são abordados no ensino médio, como que tem de problemático, visto no ensino médio, sempre são vistos em disciplinas do ensino. Como eu fiz PIBID, a gente tem essa discussão mais aprofundada dessas coisas dentro do PIBID, nas disciplinas não. (EDSON.02-B.t4(2)).

Ao falar em modelo, os primeiros que vieram à minha cabeça foram os modelos atômicos. Esses modelos só foram discutidos até então em dois componentes curriculares do curso: Química Geral I e Evolução das Ciências. Nas duas disciplinas tratou-se a evolução dos modelos, juntamente com o avanço nas teorias, levando em consideração o contexto. Principalmente na disciplina evolução das ciências, teve o cuidado de retratar que os modelos atômicos eram só modelos de representar os átomos e que, não necessariamente, o átomo seria igual ao modelo em que é retratado. (GRAÇA.03-A).

Como eu participo do PIBID tive essas discussões, mas eu também tive em disciplinas como Oficina de Leitura e Laboratório de Comunicação e Ensino de Química. (ANA.01-B.t4).

A gente já discutiu muito sobre a parte filosófica em Pressupostos, Conteúdos... cada um com seu conteúdo, que estava lá. É discutido, sim. (BOB.02-B.t3).

Quando perguntado sobre a existência de discussões sobre o ensino dos conteúdos nas disciplinas específicas de Química, Ana e Edson deram as seguintes respostas:

É... não há essa discussão. Em Físico-Química, o professor até tentou uma estratégia de discutir os conteúdos de Físico-Química, isso obviamente envolvia alguns modelos, né... como esses conteúdos são abordados em livros didáticos do ensino médio, só que não foi uma ideia que funcionou. Como não era uma atividade avaliativa, o professor acabou abortando a ideia no meio do caminho. (EDSON.02-B.t4).

Em Geral I tive um levantamento pra saber da gente... pediu que a gente anotasse quais as dificuldades e apontasse o porquê que a gente acha que sentiu aquelas dificuldades. Em Físico-Química, uma das atividades é a gente ver no livro didático do ensino médio como está sendo abordado aquele conteúdo. (ANA.02-B.t2).

Os depoimentos de Ana e Edson evidenciam **tentativas isoladas de alguns professores em levar para a sala de aula discussões que consideramos pertencentes à dimensão prática tal qual defendemos**. Sem dúvida, as ações desses professores merecem ser investigadas e publicizadas, mas infelizmente esta ação foge do escopo da nossa pesquisa. Infelizmente, ainda são atitudes isoladas.

A consideração da dimensão prática nas disciplinas específicas do curso de Licenciatura em Química é de extrema importância, até porque, como já foi dito no capítulo 3, **é diferente saber Química num contexto de bacharelado e saber Química num contexto de ensino**. Num contexto de bacharelado talvez não haja a necessidade imperiosa de o químico explicar como determinado conhecimento foi produzido, bastando a este profissional saber aplicar aqueles conhecimentos. O professor de Química, no entanto, além de saber aplicar o conhecimento precisa saber discuti-lo, explicá-lo e avaliá-lo. Se, em sua formação, o futuro professor não for confrontado com as questões que envolvem a construção do conhecimento científico, certamente sua formação, no que diz respeito à nossa compreensão da dimensão prática, será deficiente.

A forma como as explicações, teorias e modelos são mobilizadas pelos professores têm implicações fortes no ensino de ciências, de modo de **compreendemos que as visões que os(as) estudantes desenvolvem acerca das equações químicas são grandemente impactadas pela maneira como os(as) professores(as) trabalham com ela**.

Entendemos que quando o(a) estudante revela, em uma resposta, que nunca pensou naquilo (ou outros termos que denotem o mesmo sentido), é porque faltou discussão e/ou reflexão acerca daquele assunto perguntado e que, em nossa opinião, deveria ter ocorrido. Assim, consideramos que a falta de discussão/reflexão resulta na falta de uma visão crítica, favorecendo, então, uma “visão ingênua” e esclarecemos que o termo “ingênua” está sendo usado em contraposição a “crítica” (ZATTI, 2007). Trazemos como exemplos o que os(as) estudantes Ana, Edson e Hilda disseram:

(...) eu nunca tinha parado para pensar que ela era uma coisa bem específica da Química, que ali dizia muita coisa que as pessoas que não são químicos, ou não estudam Química, não conseguem perceber. (EDSON.01-B.t2(2)).

Eu sei que a gente vê a equação química em tudo, mas eu nunca me perguntei por que eu usei a equação. Eu sei que não dá pra explicar sem a equação, mas eu não sei explicar o porquê disso. (ANA.04-B.t6(6)).

(...) a gente fica até sem saber o próprio significado dela, e o quanto ela pode representar as coisas que a gente não percebe e não nos foi ensinado o quanto elas podem representar. (HILDA.03-B.t4(2)).

Respostas como estas nos levam a supor que faltaram momentos necessários de discussão e/ou reflexão acerca daquele conteúdo nas aulas de Química, evidenciando um tipo de ensino que se preocupa mais com a informação do produto final do que com a construção daquele conhecimento.

Aqui, mais uma vez, reafirmamos a necessidade de haver, nas aulas de Química, uma discussão acerca das equações químicas, que supere a ideia meramente representacional já tão massificada e que não leva os estudantes à reflexão acerca dos conceitos envolvidos ali. De acordo com Ana, “os professores não têm a preocupação de apresentar o que aquilo está significando.” (ANA.01-B.t10).

Os modelos não são apenas os principais veículos para o desenvolvimento do conhecimento científico (SUPPE, 2000), mas também são as principais ferramentas de ensino dos professores de ciências, de modo que consideramos ser extremamente necessário que ocorram discussões em sala acerca dos papéis que as equações químicas, como modelos, estão desempenhando quando são mobilizados nas explicações em sala de aula.

Além disso, **diversas pesquisas informam as dificuldades de ensino e de aprendizagem que envolvem as equações químicas** (MENESES, 2015; NERY; LIEGEL; FERNANDEZ, 2006; LAUGIER; DUMON, 2004), o que motivou a construção do item 01-B, do protocolo de entrevistas, para questionarmos os(as) estudantes acerca das possíveis dificuldades que encontraram para aprender a usar as equações químicas nas disciplinas do curso de Licenciatura.

Dos 5 sujeitos participantes das entrevistas, apenas Ana respondeu que teve muita dificuldade para aprender em virtude da carência de aulas de Química em seu ensino médio. Hilda teve dificuldade quando, para o balanceamento, era necessário usar frações ou números decimais. Bob, Duda e Edson afirmaram que não sentiram dificuldade para aprender a usar as equações.

No entanto, outro tipo de dificuldade foi pontuada pelos(as) estudantes, e já era prevista que assim fosse em virtude do que a literatura (MENESES, 2015; LAUGIER; DUMON, 2004) nos mostra: **todos(as) expressaram dificuldade em fazer a transição entre o que o fenômeno mostrava e a forma de representar através da equação química**. O pequeno excerto abaixo, do diálogo com o estudante Bob, referente ao item 01-B do protocolo de entrevistas, ilustra esta dificuldade.

Pesquisador: Teve aquilo de você estar no laboratório, fazendo uma reação lá... béquer, tubo de ensaio... e ter que transcrever isso para uma equação química, daquilo que você estava vendo ali?

Bob: Assim não, mas já... agora em Analítica, sim. Antes eu... é porque assim... enxerga como se a gente... como se aquilo estivesse muito distante da gente, o

conteúdo tivesse muito distante, mas você ir aprendendo uma parte e deixar lá... você tem... você traz.. e vai carregando ao longo do curso de Química, né... e às vezes a conexão, assim, é meio difícil de fazer. E quando você faz, você consegue ver: 'ah, não, isso aqui...'

Pesquisador: Você fala conexão dos conteúdos, né?

Bob: *Isso... é... exatamente... conexão, o que você está falando... eu ficava... mas antes de aprender, realmente, eu ficava assim: 'meu Deus, esse negócio aqui, como é que está reagindo?'... por que, por exemplo, uma determinada substância que a gente conseguir colocar lá... na verdade eu tinha dificuldade como é que ia acontecer a reação ali, entendeu? Como é que ia tirar, por exemplo... tem uma substância lá... como é que tira aquele... por exemplo, uma letra que tem lá, como é que tira aquilo, quem é que vai conseguir tirar ele pra entrar... isso eu não conseguia enxergar... não conseguia enxergar não. Eu ficava olhando e pensando: 'meu Deus, porque que isso acontece?'. Ai depois que você vai, tipo, abrindo a mente que você vai vendo: 'ah, não, é assim que acontece. Não é do nada que acontece, né?'*

Pesquisador: Você está falando da equação lá, construída, e aí...

Bob: *Por que forma o produto?*

Pesquisador: Tira o "H", bota o "Cl".

Bob: *É... por que tá formando aquele produto? Como é que ele consegue fazer essa conexão e formar aquilo, no caso, coloca duas substâncias e aí, depois, forma outra coisa? Como acontecia isso que me deixava meio... eu ficava meio... 'meu Deus'... eu botava a equação e, tipo, pra mim não dava em nada, não tava... não entendia o porquê, mas quando você vai estudando, aí você vai entendendo, né... que você vai pegando um conteúdo velho lá, 'a eletronegatividade desse é maior que esse, aí consegue deslocar'... você vê essas coisas assim, aí você vai entendendo.*

Este diálogo nos levou a inferir duas coisas: primeiro, **o que ele considera como “falta de conexão entre os conteúdos” pode ser traduzido como outra evidência de um ensino predominantemente tácito, onde o conhecimento é apenas apresentado em seu produto final, sem discussão acerca de como foi construído.** Este tipo de aula, infelizmente, é comum nas salas de aula de Ciências, em geral, e de Química, em particular.

Esta reverência ao produto final é típico da adesão positivista, atrelada ao modelo de formação baseado na racionalidade técnica (conforme apontado no capítulo 3), e tem afetado diretamente a forma como o(a) professor(a) vê sua disciplina. Consequentemente, **tal postura, uma vez que sufoca (ou não permite) os momentos de discussão acerca da construção do conhecimento, acaba por distanciar aquele momento de aula da dimensão prática da formação de professores.** Se não há discussão sobre a construção do conhecimento, tampouco haverá sobre as dificuldades de ensino e de aprendizagem daquele conteúdo.

A segunda coisa que inferimos do excerto citado é que, de fato, não é algo trivial ver o fenômeno ocorrendo nos tubos de ensaio, onde substâncias líquidas e incolores são colocadas em contato e resultam em algo colorido e sólido, às vezes com aumento ou diminuição da temperatura, e depois ter que usar letras, números e outros símbolos para transcrever o que foi visto para o papel (ou a lousa). **Quando Bob fala sobre sua dificuldade**

em trocar uma letra por outra na formação dos produtos, isso pode ser fruto justamente da falta de discussão acerca do papel que a equação química exerce. Sem essa discussão, passa-se a ideia de que ela é um algoritmo que reproduz fielmente o fenômeno (uma espécie de miniatura, só que escrita no papel) e que ali nos tubos de ensaio o que está acontecendo é justamente uma troca de letras e números. Saber Química, nesta visão, é saber fazer essa troca das letras e números, ou seja, conhecer o algoritmo.

Nery, Liegel e Fernandez (2007), numa análise crítica acerca do uso de algoritmos no ensino de Química, concluíram que **os estudantes até podem conseguir escrever bem uma equação química, mas isso não garante que eles compreendam o que estão fazendo, nem que tenham um conhecimento adequado das interações que ocorrem no nível submicroscópico, ao qual a equação se refere.**

Nessa mesma linha foi a contribuição de Laugier e Dumon (2004) que, ao analisarem os obstáculos referentes à compreensão das equações químicas, concluíram que **o fato de os estudantes conseguirem balancear uma equação, por requerer uma aritmética simples, não significa que compreendem o que é uma equação química, ou o que ela representa.**

Isso fica mais claro quando analisamos um pequeno fragmento da resposta da estudante Hilda, acerca desta dificuldade de transição entre o fenômeno e a escrita da equação:

Pesquisador: (...) tava lá a reação, a coisa acontecendo, você via a coisa acontecendo, e agora vamos escrever o que está acontecendo, aí vai escrever a equação química pra traduzir aquilo que tava vendo... tinha dificuldade pra fazer essa transição?

Hilda: *Um pouco... por exemplo, quando a professora fala 'hidróxido de sódio', então tem que saber que é NaOH. As vezes um pouco de dificuldade nisso, mas não nas substâncias mais simples, e sim nas que requerem o nox, e tal, e aí tem que saber o nox, pra saber o nome do elemento pra chegar na representação. E também por conta de a gente, às vezes, não saber as propriedades daquela substância, (...) qual é a estrutura dela, não sei se a palavra é estrutura, mas como ela é a 25 °C, sua... a temperatura... é... a 0 °C, ou a 100 °C...*

Pesquisador: O estado de agregação?

Hilda: *Sim... você tem que saber pra na hora colocar na reação e eu acho que isso também não é trabalhado tanto no ensino médio.*

Pesquisador: O como fazer, né?

Hilda: *É... o como fazer. Isso a gente realmente vê aqui e acho que aprende até 'naturalmente' mesmo. Não é nem uma coisa que é vista paulatinamente, sabe? É uma coisa que a gente vai vendo, vai vendo e de tanto ver acaba que fica memorizado.*

Pesquisador: Você aprende a fazer o algoritmo, só... a sequência. Você aprende a fazer a sequência.

Hilda: *Isso.*

Esse “vai vendo, vai vendo e de tanto ver acaba que fica memorizado” evidencia, mais uma vez, a carência de discussões acerca do papel que a equação química exerce na

explicação do fenômeno químico. **Os(as) estudantes aprendem a usar a equação através da repetição do algoritmo demonstrado pelos(as) professores(as) e aceitam a ideia de que é uma representação da reação de modo tácito.** Provavelmente, professores formados com esta visão precária e ingênua das equações químicas tenderão a reproduzir este modelo de ensino para os(as) futuros(as) estudantes.

6.4 Interpretando as Interpretações

Nosso ponto principal, que tomamos como referência para as nossas interpretações, foi o entendimento de que as equações químicas são modelos das reações químicas. Enquanto modelos, um dos papéis que se pode atribuir a elas é o representacional, mas não apenas este, já que o modelo, ao ser utilizado, pode estar cumprindo diversas outras tarefas epistêmicas e isso deveria estar sendo problematizado nas disciplinas que compõem o currículo da Licenciatura em Química.

Além disso, saber Química em um contexto de ensino requer a formação de um profissional que consiga aliar, satisfatoriamente, o conhecimento técnico do conteúdo com o pedagógico, e isso passa, certamente, por aulas de Química que favoreçam momentos de discussão acerca do ensino daqueles conteúdos no nível médio.

A partir da análise do *corpus*, percebemos a carência de discussões acerca de questões referentes às equações químicas. Em geral, os(as) professores(as) limitam-se a usar as equações à medida que constroem suas explicações em sala de aula, mas de modo tácito, como se fosse uma mera aplicação algorítmica de um conhecimento, mesmo quando usam formas diferentes de escrever uma equação. Embora seu uso ocorra de forma pragmática, ou seja, de acordo com os objetivos propostos e o tipo de conhecimento que se queira obter, não há qualquer discussão acerca das múltiplas formas que as equações químicas podem ser utilizadas. Logo, esta multiplicidade **aparece** nas aulas, porém não é discutida, nem construída, e os(as) estudantes parecem ser constantemente desafiados a, sozinhos(as), encontrar sentido para tudo aquilo e produzir entendimento.

O *corpus* analisado mostrou uma quase unanimidade entre os(as) estudantes em reconhecer e repetir a definição mais usual de equação química como uma representação da reação química e esta parece ser a única maneira de ver as equações. Quando confrontados(as) com questões que lhes pediam para expressar entendimentos acerca da relação dos modelos com os fenômenos – ou das equações com as reações – invariavelmente diziam que os

modelos são representações do fenômeno ou da realidade – ou que as equações são representações das reações químicas.

Mesmo quando se referiram à representação, os(as) estudantes demonstraram, em alguns momentos, um entendimento que consideramos inadequado deste processo: as equações químicas vistas como espelhamentos dos fenômenos químicos, apesar de considerarem que nem tudo que se observa no fenômeno estará representado pela equação, e até a utilização em profusão termos como idealização, abstração e realidade. Diversas respostas mostraram que a ideia de representação, posta de forma irrefletida, faz parecer que o fenômeno é como uma paisagem acerca da qual o pintor, com sua aquarela e tela (cientista com suas considerações teóricas), produz um retrato (modelo).

Esta compreensão da equação como uma reflexão especular da reação (ou como um retrato) conduz à interpretação de que ela é uma forma de visualizar o que ocorre no fenômeno para facilitar o entendimento das teorias. A forma como os(as) estudantes demonstraram compreender esta visualização coloca as equações químicas como o nível macroscópico do conhecimento das reações químicas. O fato de as equações serem escritas e estarem visíveis é confundido com a visualização das substâncias, de forma que inferimos que mesmo inconscientemente, os(as) estudantes consideram a fórmula química como a própria substância, apenas escrita.

Como consequência desta interpretação, demonstram o entendimento de que a reação se resume a um intercâmbio de letras e números e assim operam com as equações para resolver problemas. Escrever a equação, nesta visão, é escrever o algoritmo do fenômeno. O ensino de Química perpetua esta visão à medida que os(as) professores(as), sem qualquer discussão, apenas mostram como se resolve o algoritmo daquele fenômeno específico.

É por causa desta visão empobrecida dos modelos e das equações químicas, ao que parece, alimentada pela falta de discussões nas disciplinas em que se abordam aquelas ferramentas, que os(as) estudantes não percebem, no momento do uso, que aquelas equações estão servindo para algo mais do que meramente representar. A visão ontologicamente limitada dos modelos dificulta que se reconheçam os outros papéis epistêmicos que as equações podem estar desempenhando.

Um dos diversos papéis epistêmicos que um modelo pode desempenhar é o de servir para a aplicação de considerações teóricas aos fenômenos. Quando perguntamos acerca da forma como os modelos são construídos, houve uma quase unanimidade no entendimento de que as teorias exercem um papel chave no processo. No entanto, com o aprofundamento das perguntas, os(as) estudantes revelaram que não compreendem como isso ocorre e, neste

sentido, percebemos nas respostas um problema importante: a maioria dos estudantes mostrou que não entende o balanceamento de equações como uma forma de aplicação da Lei da Conservação da Massa. De acordo com algumas respostas, este tema nunca foi discutido.

Ao usarmos as equações para aplicar a Lei da Conservação da Massa ao fenômeno, através do balanceamento, estamos atribuindo-lhe pelo menos três tarefas: a representação do fenômeno através de símbolos diversos, o uso como instrumento de medida e sua consideração como um sistema físico para aplicação de teorias. No entanto, nas respostas dos(as) estudantes, mesmo quando as perguntas foram aprofundadas, não houve qualquer reconhecimento desses papéis, além da representação.

A nosso ver, ficou muito clara a pobreza de entendimento acerca dos papéis desempenhados por uma equação química, de modo que o termo **representação** vira uma espécie de palavra-mágica que resolve todos os problemas. Tal pobreza reflete a forma como as equações químicas são abordadas nas salas de aula: os(as) estudantes memorizam a sequência que devem obedecer para que as questões sejam respondidas corretamente, obtêm a nota máxima, mas não são capazes de dizer por que usaram uma equação química para resolver aquele problema. Sabem balancear as equações porque aprenderam que basta igualar as quantidades de letras aqui e ali, mas sequer imaginam que naquele momento estão aplicando uma teoria ao fenômeno através da equação.

Enquanto não houver uma mudança de atitude dos(as) professores(as) formadores(as), infelizmente tal situação continuará acontecendo. Não nos referimos apenas a acréscimos de disciplinas que discutirão, de forma estanque, algo da filosofia da ciência, mas uma abordagem diferente: por exemplo, que o professor de Química Orgânica, quando for trabalhar com as diferentes maneiras que uma substância pode ser representada, discuta o que cada tipo de representação permite em termos de conhecimento, ou que o professor de Química Geral, quando for resolver um caso de estequiometria, discuta o papel da equação na resolução daquele problema. No entanto, ao afirmarmos tudo isso, algumas perguntas se tornam imperiosas: será que os professores daquelas disciplinas estão preparados para levantar tais discussões? Se eles também são formados dentro daquela pobreza de visão dos modelos, como esperar que façam diferente? Acreditamos que caberia muito bem, aqui, uma pesquisa acerca das concepções dos professores formadores sobre os diversos papéis que as equações podem assumir, o que deixamos como sugestão para próximas investigações.

Os(as) estudantes são unânimes em reconhecer que as equações químicas fazem parte de praticamente todos os estudos da Química. Esta quase omnipresença das equações

nos permite classificá-la como uma das ferramentas mais importantes para o desenvolvimento do conhecimento químico.

Diante de tamanha importância, seria razoável supor que os(as) professores(as) de Química deveriam ter um cuidado especial ao utilizá-las em uma explicação, ainda mais num curso de formação de professores. São urgentes e importantes as discussões acerca das equações químicas, como modelos, seguindo as considerações que fizemos ao longo desta pesquisa, nas disciplinas específicas da Licenciatura em Química, a fim de superar as visões inadequadas e ingênuas apresentadas pelos(as) estudantes.

Defendemos, no entanto, que esta consideração não se esgote numa mera atualização curricular, com a inserção de componentes com viés de ensino. Entendemos que tal atualização é importante e necessária, porém não é suficiente. Os professores formadores que lecionam nas disciplinas específicas também precisam ser confrontados com essas discussões acerca de modelos, em geral, e das equações químicas, em particular.

Defendemos que a dimensão prática da formação de professores de Química deve passar por uma mudança na mentalidade de professores(as) que atuam naquelas disciplinas específicas do curso, onde frequentemente (pelo menos de acordo com os(as) próprios(as) estudantes pesquisados(as)) são usadas as equações de maneira algorítmica e tácita, como se fosse algo trivial e sem maior importância. Afinal de contas, **há profundas diferenças entre saber Química num contexto de bacharelado e num contexto de ensino.**

Não estamos, aqui, afirmando que a formação inicial não provê discussões acerca dos modelos, ou das equações químicas. Reconhecemos, a partir das respostas dos(as) estudantes, que tais discussões ocorrem em disciplinas voltadas para o ensino de Química. As próprias respostas dos(as) estudantes levam-nos a pensar que há certa familiaridade com termos como representação, concreto, abstrato, idealizado, modelo, nível macroscópico, nível submicroscópico, o que nos revela que em certos momentos do curso tais termos foram-lhes apresentados e/ou discutidos.

No entanto, como resultado da carência de discussões mais amplas e profundas nas disciplinas em que se constroem e usam as equações, os estudantes apresentaram dificuldades em reconhecer as diferentes formas que ela pode representar a reação química, na aplicação da teoria ao fenômeno, na relação entre a equação e o fenômeno e na compreensão da equação química como mediadora entre os níveis macroscópico (fenômeno) e submicroscópico (assunções teóricas). Nossa defesa é que aquelas discussões devem ocorrer, também, no seio das disciplinas específicas de Química por entendermos que é ali, quando professores e professoras mobilizam o conhecimento químico, que as equações químicas estão sendo

construídas e utilizadas, sendo-lhes atribuídos, em todos os momentos, os diversos papéis epistêmicos que elas podem desenvolver.

7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A equação química é uma ferramenta mobilizada ao longo de quase toda a formação inicial e pode ser considerada como um ponto central para onde conflui grande parte dos conceitos trabalhados nas aulas de Química: átomo, elemento, íon, substância, ligação química, solubilidade, ácido, base, eletroquímica, eletrólise, reação química, leis ponderais dentre outros. A hipótese que motivou esta pesquisa considerou que a despeito da importância desta ferramenta na produção do conhecimento químico, as equações químicas são usadas em sala de aula de forma tácita, como meros algoritmos, sendo negligenciadas as discussões acerca dos diversos papéis que, como modelos, elas podem desempenhar. Sendo este o fato, então as concepções dos(as) estudantes acerca da construção e uso da equação química estariam atreladas a uma compreensão daquela ferramenta como mero apêndice das aulas, algo a ser memorizado e executado para resolver problemas.

Assim, estabelecemos como objetivo **compreender como estudantes de Licenciatura em Química concebem o uso das equações químicas ao longo de sua formação inicial**, considerando as dimensões ontológica (natureza), epistemológica (uso) e pedagógica (abordagem) das equações químicas.

Na produção deste texto, a discussão metodológica iniciada no capítulo 1 teve continuidade no capítulo 5, onde detalhamos o contexto da pesquisa, os instrumentos escolhidos para a construção do *corpus* e a técnica escolhida para proceder a sua análise. O capítulo 6 trouxe um diálogo do *corpus* analisado com o referencial produzido nos capítulos 2, 3 e 4.

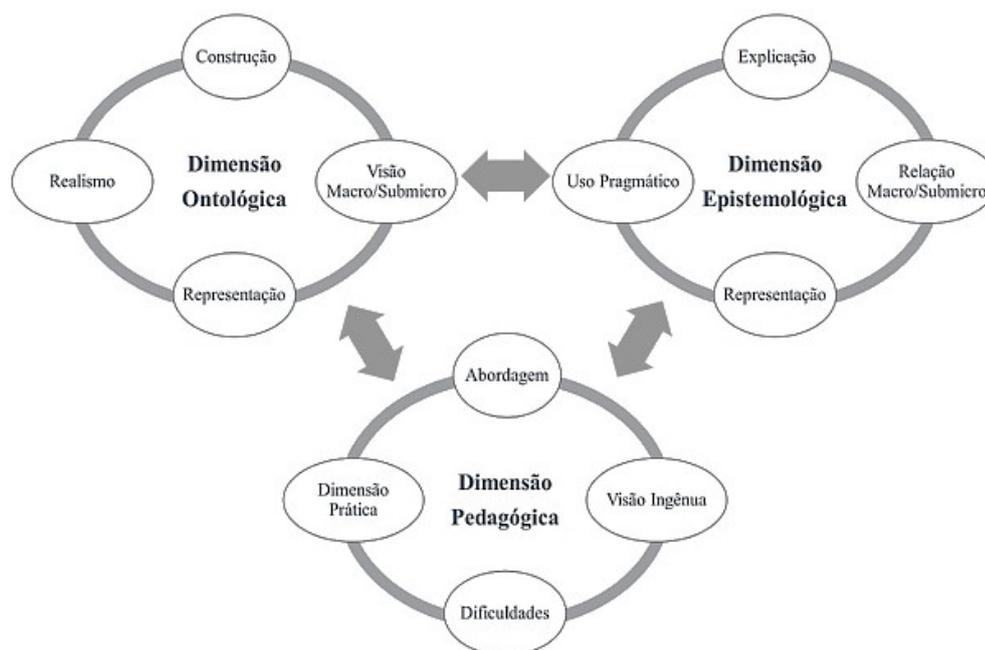
As nossas compreensões se espalharam por todo o capítulo 6, mas foram mais fortemente apresentadas no item 6.4, e confirmaram a nossa hipótese de que nas disciplinas específicas que compõem o currículo da Licenciatura em Química as equações químicas são usadas de modo tácito, como se apenas a ideia de representação das reações químicas desse conta da multiplicidade de formas e papéis que ela pode assumir.

A análise do *corpus* buscou respostas para as três questões norteadoras da pesquisa: **o que é isso que, na formação inicial, se reconhece como equação química?** (dimensão ontológica); **como, na formação inicial, obtemos conhecimento com as equações químicas?** (dimensão epistemológica) e **como são abordadas as equações químicas na formação inicial?** (dimensão pedagógica).

O entrelaçamento das dimensões, conforme representamos na figura 11, a seguir, sugere certa inter-relação entre a natureza e o uso das equações químicas, bem como a forma como elas são abordadas ao longo das aulas de Química. Nossa compreensão é que as dimensões ontológica e epistemológica são indissociáveis, já que conhecer adequadamente as

equações químicas supõe certa visão de sua natureza, construção e uso. No contexto de ensino, entendemos que uma pedagogia que valorize a dimensão prática da formação inicial requer dos(as) professores(as) que, dentre outras atitudes, considerem as discussões tanto da dimensão ontológica, quanto da epistemológica acerca das equações químicas.

Figura 11 – Relação entre as dimensões de análise



Fonte: o autor.

A definição mais usual sobre as equações químicas nos informa que elas são representações das reações químicas. No entanto, como ficou demonstrado ao longo do texto (sobretudo nas construções teóricas constantes dos capítulos 2, 3 e 4), consideramos que esta definição não dá conta da multiplicidade de maneiras como ela é utilizada nas disciplinas de Química. A nosso ver, a equação química é um modelo da reação química e, como tal, é construída e utilizada com o objetivo de proporcionar acesso ao conhecimento das reações químicas.

Um entendimento adequado acerca de como a equação química é construída – não apenas em relação às partes que a compõem, como os reagentes e os produtos, mas principalmente em relação ao papel que as teorias e os fenômenos desempenham – pode favorecer a superação da visão ingênua dos estudantes acerca do papel daquela equação na produção da explicação em sala de aula. Uma abordagem que favoreça a discussão da construção dos modelos requer que os(as) docentes formadores explicitem as considerações teóricas que envolvem os conteúdos que estão sendo trabalhados e como aquilo contribui para

a explicação do fenômeno estudado. Desta forma, ao utilizar o recurso da equação química poderia ficar mais evidente (ou menos obscuro) para o estudante o papel que ela estará desempenhando naquela explicação, quer seja mediando as considerações teóricas e o fenômeno, ou permitindo a visualização desta aplicação etc.

Nosso estudo mostrou que o processo de construção de um modelo pode envolver tanto as considerações teóricas acerca do fenômeno, quanto os dados do próprio fenômeno, de modo que no seu uso ele possa atuar como mediador entre a teoria e o fenômeno. Assim acontece com as equações químicas que, atuando como modelos das reações químicas, são capazes de fazer a mediação por, pelo menos, duas vias: (1) ao relacionar as assunções teóricas, como a Lei da Conservação da Massa, por exemplo, às reações químicas; (2) ao fazer a ponte entre os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico sobre as reações.

Ontologicamente, vimos que os(as) estudantes consideram que os modelos são representações, ou seja, construir um modelo é elaborar uma representação. Epistemologicamente, demonstram que o uso que se faz de tais representações, ou mesmo o que será levado em conta na elaboração da representação, dependerá do objetivo que se quer alcançar ou do conhecimento que se quer produzir. Desta forma, demonstram reconhecer certa intencionalidade tanto na construção quanto no uso dos modelos, mas tal reconhecimento passa-lhes despercebido.

Uma abordagem crítica acerca dos modelos e das equações químicas poderia favorecer este reconhecimento. Ora, se a equação é construída e usada de acordo com o objetivo planejado, então ela não deveria ser considerada como algo rígido e definido, mas adaptável a cada situação, capaz de cumprir diversas tarefas. Tal abordagem favoreceria uma superação da visão ontológica meramente representacional das equações, uma vez que a representação deixaria de ser vista como um atributo (no sentido de algo inerente a) e passaria a ser considerada uma atribuição (algo designado a). Em outras palavras, estamos afirmando que o modelo não é uma representação, mas algo (um artefato) criado para, entre outras coisas, representar.

É neste sentido que afirmamos que aquela definição usual dos modelos como representação da realidade, ou das equações químicas como representação das reações é insuficiente, inadequada e leva a uma visão bastante limitada sobre o potencial dos modelos e das equações químicas para o conhecimento químico.

Aparentemente, a visão limitada acerca dos modelos e das equações químicas está implicada com as dificuldades apresentadas pelos(as) estudantes em identificar e relacionar os

níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico. Tais dificuldades poderiam ser diminuídas se a forma como os(as) professores(as) abordam os conteúdos levasse em conta o uso das equações como mediadoras entre aqueles níveis.

Para os(as) estudantes, a própria equação representa o nível macroscópico porque a sua escrita é visível. Ao resolverem um problema que envolveu o cálculo estequiométrico, afirmaram a necessidade de ver o que estava acontecendo na reação. Desta forma, demonstram acreditar que ao escreverem a equação química estão revelando o que estava oculto no fenômeno: as substâncias, os átomos, os íons, as relações estequiométricas etc.

Considerando o contexto de formação de professores(as), tal visão pode ser perpetuada nos(as) futuros(as) alunos(as) quando aqueles(as) licenciandos(as) estiverem diante de suas classes, mobilizando as equações. Por isso, urge a necessidade de se identificar esta visão distorcida e trabalhar no sentido de superá-la enquanto os(as) futuros(as) professores(as) ainda estão iniciando suas formações. Mas como fazer isso se não houver momentos que privilegiem discussões acerca das equações químicas? E os professores formadores, será que estão ambientados com discussões num nível tão filosófico a ponto de levarem para suas classes?

A nossa interpretação acerca das concepções dos(as) estudantes nos leva a considerar pelo menos um dos seguintes cenários: (1) os(as) professores(as) das disciplinas específicas de Química não reconhecem todo o potencial epistemológico que envolve a construção e o uso dos modelos científicos; (2) os(as) professores(as) até reconhecem tal poder epistêmico, mas não compreendem as equações químicas como modelos; (3) nem reconhecem o potencial epistêmico dos modelos, nem as equações químicas como modelos das reações químicas.

Os cenários elencados acima leva-nos à reflexão já posta de que uma formação inicial que considere as discussões acerca da construção e usos dos modelos e das equações químicas não deve se limitar à inserção de disciplinas de cunho filosófico e/ou educacional, mas demanda uma mudança de mentalidade do professor formador. Como enfrentar este problema?

Não temos como mensurar até que ponto seria ingênuo de nossa parte esperar que professores(as) que sempre ensinaram Química de forma dogmática sejam transformados em professores(as) que permitam discussões filosóficas que põem em xeque todo o dogmatismo que consideram como essencial. No entanto, algumas respostas dos(as) estudantes pesquisados apontando atitudes, ainda que isoladas, de professores de Química Geral e Físico-Química que tentam promover discussões filosóficas e pedagógicas de seus conteúdos, levam-nos a acreditar que seja possível a mudança de cenário.

Seria importante, neste caso, que fossem promovidas outras pesquisas, desta vez envolvendo, por exemplo, as concepções dos professores formadores acerca das equações químicas como modelos das reações. Talvez, assim como aconteceu com os(as) estudantes, o levantamento de certas questões filosóficas que aqueles professores sequer cogitavam possa levar pelo menos alguns a questionar suas posições em relação ao conteúdo ensinado e à forma como ensinam.

Igualmente importantes seriam as pesquisas que promovessem intervenções didáticas que levassem para a sala de aula as discussões das equações para além da sua definição como representação. Apontar as atribuições que as equações químicas estão cumprindo em determinados momentos deve contribuir, e muito, para um alargamento da visão dos estudantes sobre os diversos papéis que elas podem desempenhar.

Investigações curriculares e do livro didático podem trazer muitas contribuições no sentido de promover a dimensão prática da formação de professores de Química.

Pensar uma Química para o ensino supõe uma formação de professores(as) capazes de promover reflexões filosóficas e pedagógicas acerca de seus conteúdos. Tais reflexões devem privilegiar os processos de construção do conhecimento sem perder de vista o produto final, também importante. É necessário que aqueles que formam professores percebam que a dimensão prática da formação supõe o enfrentamento de problemas de ensino e aprendizagem dos conteúdos que eles estão trabalhando em sala de aula.

Consideramos, portanto, que cumprimos o papel a que esta pesquisa se propôs: **a defesa da tese de que há uma necessidade de, no seio das disciplinas específicas que compõem o currículo da Licenciatura em Química, se promover discussões acerca da construção e uso das equações químicas como modelos das reações químicas, superando o seu caráter meramente representacional.**

Diante do que foi exposto, não poderíamos deixar de reconhecer que o objetivo da nossa pesquisa foi modesto em relação ao que pudemos perceber como grande necessidade para uma Licenciatura em Química que valorize a dimensão prática da formação docente. Investigações curriculares e do livro didático, propostas de intervenções didáticas, uso das tecnologias de informação como recurso didático, investigações acerca da mobilização dos saberes nas disciplinas específicas e levantamento das visões dos professores acerca da construção e uso das equações químicas são algumas sugestões de pesquisas que podem derivar do nosso trabalho.

REFERÊNCIAS

ABD MURAD, M. H. S. **Two Aspects of Models and Cultural Role of Scientific Models.** Al-Mukhabatat, n. 03, ano 01. Kuala Lumpur, Malásia, 2012.

ACHINSTEIN, P. **The Pragmatic Character of Explanation.** Philosophy of Science Association, v. 2, p. 275-292. The University of Chicago Press. 1984.

ACHINSTEIN, P. **Theoretical Models.** The British Journal for the Philosophy of Science, v. 16, n. 62, p. 102-120. 1965.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Algunas Características Clave de los Modelos Científicos Relevantes para la Educación Química.** Educ. Quím. Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.

ADÚRIZ-BRAVO, A; LABARCA, M; LOMBARDI, O. **Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química.** In: ADÚRIZ-BRAVO, A; ARELLANO, M; MERINO, C. (Ed.). **Avances em Didactica de la Química: Modelos y lenguajes.** 1ª. Ed, Ediciones Universitarias de Valparaiso, Pontificia Universidade Católica de Valaraiso, p. 37-49. 2014.

ALBARRACÍN, L. M. M. **Aportes da Filosofia da Ciência na Formação Inicial de Professores de Química e a Mobilização do Saber e do Saber Fazer na Construção de Representações Científicas.** Tese de Doutorado. UNESP – Campus Bauru/SP. 2012

ANDRADE, S. M. O. de; TANAKA, O. Y. **Interacionismo Interpretativo: Uma Nova Perspectiva Teórica para as Pesquisas Qualitativas.** Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e de Saúde. Vol. 5, n. 3, p. 55-72. 2001.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Buscando Rigor e Qualidade.** Cadernos de Pesquisa, n. 113, p. 51-64, julho/2001.

AYRES-PEREIRA, T. I. **Transformações Químicas: Visões e Práticas de Professores de Ciências.** Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo/SP. 2013.

AZEVEDO, R. O. M.; GHEDIN, E.; SILVA-FORSBERG, M. C.; GONZAGA, A. M. **Formação Inicial de Professores da Educação Básica no Brasil: trajetória e perspectivas.** Rev. Diálogo Educ., Curitiba, v. 12, n. 37, p. 997-1026, set./dez. 2012.

BAHIA. **Projeto de Renovação do Curso de Licenciatura em Química da UNEB.** Salvador: SEC. 2009.

BAILER-JONES, D. M. **Scientific Models in Philosophy of Science.** University of Pittsburgh Press, Pittsburgh. 2009.

BARBOSA, J. C. **Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica.** ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 69-85. 2009.

BARLET, R.; PLOUIN, D. **L'Equation-Bilan em Chimie: Un Concept Integrateur Source de Difficultés Persistentes.** ASTER, n. 18, p. 27-56. 1994.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education: an Introduction for Theory and Methods.** Allyn and Bacon, 3rd. Boston. 1998.

BOKULICH, A. **How Scientific Models Can Explain**. *Synthese*, v. 180, n. 1, p. 33-45. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n. 1, de 18 de fevereiro de 2002b.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP n. 2, de 19 de fevereiro de 2002a.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES 1.303, 2001.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC. 2002.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC. 2002.

BUCAT, B.; MOCERINO, M. **Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations**. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (eds). **Multiple Representation in Chemical Education**. Models and Modeling in Science Education, v. 4, Springer Science + Business Media BV. 2009.

CALLEJA, E.; GARRITZ, A.; REYES, F. **¿Qual es el Conocimiento Básico que los Profesores Necesitan para ser más Efectivos em sus Clases? El Caso del Concepto Reacción Química**. *Revista TEΔ: Tecné, Episteme y Didaxis*, n. 22, p. 32-48. 2007.

CALLEJA, E.; GARRITZ, A.; REYES, F. **¿Qual es el Conocimiento Básico que los Profesores Necesitan para ser más Efectivos em sus Clases? El Caso del Concepto Reacción Química**. *Revista TEΔ: Tecné, Episteme y Didaxis*, n. 22, p. 32-48. 2007.

CARVALHO, A. M. P. de; GIL-PÉREZ, D. **Formação de Professores de Ciências**. 8^a ed. Coleção Questões da Nossa Época, v. 26. Editora Cortez, São Paulo/SP. 2006.

CARVALHO, A. S.; BUENO, S. G.; SILVA, A. F. A. **Concepções dos estudantes sobre o conceito de ligação química**. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

CASADO, G.; RAVIOLO, A. **Las Dificultades de los Alumnos al Relacionar Distintos Niveles de Representación de una Reacción Química**. *Universitas Scientiarum*, v. 10, n. 1, p. 35-43. 2005.

CASSINI, A. **Modelos Científicos**. In: VANNEY, C. E.; SILVA, I.; FRANCK, J. F. *Diccionario Interdisciplinar Austral*. 2016.

CHAER, G.; DINIZ, R. R. P.; RIBEIRO, E. A. **A Técnica do Questionário na Pesquisa Educacional**. *Evidência*, v. 7, n. 7, p. 251-266. Araxá/MG. 2011.

CHAGAS, J. A. S. **Investigando o Processo de Transposição Didática Externa: O Conceito de Transformação Química em Livros Didáticos**. Tese de Doutorado. UFPE. 2009.

CHAGAS, J. A. S. **Investigando o Processo de Transposição Didática Externa: O Conceito de Transformação Química em Livros Didáticos**. Tese de Doutorado. UFPE. 2009.

CHAKRAVARTTY, A. **The Semantic or Model-Theoretic View of Theories and Scientific Realism**. *Synthese*, n. 127, p. 325–345. 2001.

CHAMIZO, J. A. **A New Definition of Models and Modeling in Chemistry's Teaching**. *Science & Education*, v. 22, p. 1613-1632. 2013.

CHASSOT, A. **A Educação ConsCiência**. Santa Cruz do Sul, EDUNISC. 2003.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio al Saber Enseñado**. Buenos Aires, Aique. 1991.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 5ª. ed, RoutledgeFalmer, Londres. 2000.

COKELEZ, A.; DUMON, A.; TABER, K. S. **Upper Secondary French Students, Chemical Transformation and the “Register of Models”: a Cross-Sectional Study**. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 6, p. 807-836. 2007.

CONCARI, S. B. **Las Teorías y Modelos en la Explicación Científica: Implicancias para la Enseñanza de las Ciencias**. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 1, p. 85-94. 2001.

CONCARI, S. B. **Las Teorías y Modelos en la Explicación Científica: Implicancias para la Enseñanza de las Ciencias**. *Ciência & Educação*, v. 7, n.1, p. 85-94. 2001.

CONTESSA, G. **Representing Reality: The Ontology of Scientific Models and Their Representational Function**. Tese de Doutorado. London School of Economics. 2007.

CORRÊA, R. G. **Formação Inicial de Professores de Química: Discursos, Saberes e Práticas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos/SP. 2015.

COSTA, J. C.; PEREIRA, V. W. **Linguagem e Cognição: Relações Interdisciplinares**. EDIPUCRS, Porto Alegre. 2009.

COSTA, R. F. **Modelos de Racionalidade na Formação de Professores: Levantamento de Pesquisas na BDTD (2010-2015)**. 38ª. Reunião Nacional da ANPEd, UFMA/MA. 2017.

CROSLAND, M. P. **The Use of Diagram as Chemical ‘Equations’ in the Lecture Notes of William Cullen and Joseph Black**. *Annals of Science*, v. 15, n. 2, p. 75-90. 1959.

CROTTY, M. **The Foundations of Social Research: Meaning and Perspective in the Research Process**. SAGE Publications. London. 1998.

CUSTÓDIO FILHO, J. F. **Explicando Explicações na Educação Científica: Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

CUSTÓDIO FILHO, J. F. **Explicando Explicações na Educação Científica: Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento**. Tese de Doutorado, UFSC. 2007.

De REGT, H. W.; DIEKS, D. **A Contextual Approach to Scientific Understanding**. *Synthese*, v. 144, issue 1, p. 137-170. 2005.

DEL RE, G. **Models and Analogies in Science**. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 6, p. 5-15. 2000.

DEL RE, G. **Ontological Status of Molecular Structure**. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, vol. 4, p. 81-103. 1998.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (org.). **Collecting and Interpreting Qualitative Materials**. 2ª. Ed., Sage Publications Inc. 2003.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O Planejamento da Pesquisa Qualitativa: Teorias e Abordagens**. Artmed, 2ª ed. Porto Alegre, 2007.

DÍEZ, J. A.; MOULINES, C. U. **Fundamentos de Filosofia de la Ciencia**. Editora Ariel S. A. Barcelona. 1997.

DÍEZ, J. A.; MOULINES, C. U. **Fundamentos de la Filosofía de la Ciencia**. Editorial Ariel, Barcelona, 1997.

DINIZ-PEREIRA, J. E. **Da Racionalidade Técnica à Racionalidade Crítica: Formação Docente e Transformação Social**. *Perspectivas em Diálogo: Revista de Educação e Sociedade*, v. 01, n. 01, p. 34-42. 2014.

DITTRICH, M. G.; LEOPARDI, M. T. **Hermenêutica Fenomenológica: Um Método de Compreensão das Vivências com Pessoas**. *Discursos Fotográficos*, v.11, n.18, p.97-117, Londrina/PR. Jan/jun 2015.

DUARTE, J. A. M. **Entrevista em Profundidade**. In: DUARTE, J. A. M.; BARROS, A. (org.). *Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação*. 1ª. Ed., v. 1, Atlas, p. 62-83. 2005.

DURBANO, J. P. D. M. **Investigação de concepções de alunos de ciências biológicas do IB/USP acerca da natureza da ciência**. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, 2012.

DUTRA, L. H. de A. **Introdução à Teoria da Ciência**. 3ª. ed. revista e ampliada, Editora da UFSC. Florianópolis, 2009.

DUTRA, L. H. de A. **Os Modelos e a Pragmática da Investigação**. *Scientiæ Studia*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 205-32, 2005.

DUTRA, L. H. de A. **Pragmática de Modelos: Natureza, Estrutura e Uso dos Modelos Científicos**. Edições Loyola, São Paulo. 2013.

EARLEY, J. E. **Chemical “Substances” that are not “Chemical Substances”**. *Philosophy of Science*, n. 73, 2006.

EDER, M. L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. **La Explicación en las Ciencias Naturales y en su Enseñanza: Aproximaciones Epistemológica y Didáctica**. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, v. 4, n. 2, p. 101-133. 2008.

EILKS, I.; MOELLERING, J.; VALANIDES, N. **Seventh-Grade Students' Understanding of Chemical Reactions: Reflections from an Action Research Interview Study**. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, v. 3, n. 4, p. 271-286. 2007.

ERDURAN, S.; MUGALOGLU, E. **Philosophy of Chemistry in Chemical Education: Recent Trends and Future Directions**. In: MATTHEWS, M. (ed.). Handbook of Research on History, Philosophy and Sociology of Science. Springer, 2013.

FELTRE, R. **Química**. Ed. Moderna, vol. 2, 6ª. Ed. São Paulo, 2004.

FERNANDEZ, C. **Revisitando a Base de Conhecimentos e o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de Professores de Ciências**. Revista Ensaio, v. 17, n. 2, p. 500-528. Belo Horizonte/MG. 2015.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. **Concepções dos estudantes sobre ligações químicas**. Química Nova na Escola, n. 24, pp. 20-24, novembro 2006.

FERNÁNDEZ-GONZALEZ, M. **Idealization in Chemistry: Pure Substance and Laboratory Product**. Science & Education, 22, p. 1723-1740. 2013.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. **O Uso de Visualizações no Ensino de Química: A Formação Inicial do Professor de Química**. Revista Brasileira de Ensino de Química, vol. 4, n. 2. Ed. Átomo. 2009.

FEYERABEND, P. K. **Realism, Rationalism and Scientific Method**. Philosophical Papers, vol. 1, Cambridge University Press, New York. 1981.

FRENCH, S. R. D.; DA COSTA, N. **Theories, Models and Structures: Thirty Years On**. Philosophy of Science, vol. 67, p. 116-127. 2000.

FRIEDMAN, M. **Explanation and Scientific Understanding**. The Journal of Philosophy, v. 71, n. 1, p. 5-19. 1974.

FRIGG, R.; HARTMANN, S. **Models in Science**. In: ZALTA, E. N. (Ed). The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Fall 2012 Edition. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>.

GAMBARATO, R. R. **Signo, Significação, Representação**. Contemporânea, n. 4, 2005.

GAMBOA, S. A. S. **A Dialética na Pesquisa em Educação: Elementos de Contexto**. In: FAZENDA, I. (org.). **Metodologia da Pesquisa Educacional**. 6ª. ed., Cortez, São Paulo. 2000.

GAMBOA, S. S. **Epistemologia da Pesquisa em Educação**. Práxis. Campinas, 1998.

GARNICA, A. V. M. **Algumas Notas Sobre Pesquisa Qualitativa e Fenomenologia**. Interface – Comunicação, Saúde, Educação, v. 1, n. 1, p. 109-122. 1997.

GATTI, B. **Formação de Professores no Brasil: Características e Problemas.** Educação & Sociedade, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

GAUTHIER, C. *et al.* **Por Uma Teoria da Pedagogia: Pesquisas Contemporâneas sobre o Saber Docente.** Ed. Unijuí, Rio Grande do Sul. 1998.

GERGEN, K. J. **O Movimento do Construcionismo Social na Psicologia Moderna.** Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis, v. 06, n. 1, p. 299-325, Florianópolis/SC. 2009.

GIERE, R. **An Agent-Based Conception of Models and Scientific Representation.** Synthese, n. 172, p. 269-281. 2010.

GIERE, R. **How Models are Used to Represent Reality.** Philosophy of Science, 71, p. 742–752. Dezembro de 2004.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5ª. ed., Atlas, São Paulo/SP. 1999.

GIORDAN, A.; DE VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos.** Trad. Bruno Charles Magne. 2ª. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GIVEN, L. M. (ed). **The SAGE Encyclopedia of Qualitative Research Methods.** SAGE Publications, v. 1 e 2. Califórnia, 2008.

GOES, L. F. **Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: Estado da Arte do Campo da Educação e do Ensino de Química.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, SP. 2014.

GONDIM, M. S. C.; MENDES, M. R. M. **Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino/aprendizagem.** In: XIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2006, Campinas, 2006.

GONZALEZ REY, F. **Pesquisa Qualitativa e Subjetividade: Os Processos de Construção da Informação.** 1ª. ed., Cengage Learning, São Paulo/SP. 2010.

GONZÁLEZ, W. J. (coord). **Diversidad de la Explicación Científica.** Editora Ariel S.A., 1ª ed. Barcelona. 2002.

GOOD, R. J. **Why Are Chemists ‘Turned off’ By Philosophy of Science?** *Foundations of Chemistry*, 1:185-215, 1999.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. **Dificuldades de Generalização das Estratégias de Modelação em Ciências: O Caso da Física e da Química.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 31-46. 2005.

GRIMM, S. **The Value of Understanding.** Philosophy Compass, v. 7, n. 12, p. 103-117. 2012.

GRIMM, S. **The Value of Understanding.** Philosophy Compass, v. 7, n. 2, p. 103-117. 2012.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. **Competing Paradigms in Qualitative Research**. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (eds). **Handbook of Qualitative Research**. Sage, Thousand Oaks, p. 105-117. 1994.

HACKING, I. **Representar e Intervir: Tópicos Introdutórios de Filosofia da Ciência Natural**. EdUERJ, Rio de Janeiro. 2012.

HEMPEL, C. G. **La Explicación Científica: Estudios sobre la Filosofía de la Ciencia**. Ed. Paidós, 1ª ed. Buenos Aires. 1979.

HEMPEL, C. G. **Philosophy of Natural Sciences: Foundations of Philosophy Series**. Prentice Hall, New Jersey. 1966.

HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. **Studies in the Logic of Explanation**. *Philosophy of Science*, v. 15, n. 2, p. 135-175. 1948.

HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. **Studies in the Logic of Explanation**. *Philosophy of Science*, v. 15, n. 2, p. 135-175. 1948.

HERMANNNS, H. **Interviewing as an Activity**. In: FLICK, U; KARDORFF, E. v.; STEINKE, I. (org.). *A Companion to Qualitative Research*. Sage Publications, p. 209-213. 2004.

HODSON, D. **In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education**. *International Journal of Science Education*, 14, p. 541–562. 1992.

HOFFNAGEL, J. C. **Lingua Falada e Língua Escrita: A Formação de *Corpus***. *Revista do GELNE*, v. 3, n. 1. 2001.

HOPF, C. **Qualitative Interviews: An Overview**. In: FLICK, U; KARDORFF, E. v.; STEINKE, I. (org.). *A Companion to Qualitative Research*. Sage Publications, p. 203-208. 2004.

ISLAS, Stella Maris & PESA, Marta Azucena. **Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?** *Enseñanza de las ciencias*, n. 21(extra), p. 57-66. 2003.

IZQUIERDO, M. **Enseñanza y Conocimiento Especializado: Conocimiento y Conceptos**. In: CABRÉ, M. T. (ed). *Terminología y Conocimiento Especializado*. IULA, p. 55-88. Barcelona, 2003.

IZQUIERDO, M; ADÚRIZ-BRAVO, A. **La Enseñanza de los Componentes Prácticos y Axiológicos de los Conceptos**. In: CABRÉ, M. T.; BACH, C. (ed). *Coneixement, Llenguatge i Discurs Especialitzat*. IULA, Serie Monografie 7, p. 325-346. Barcelona, 2005.

JESUS, E. I. N. de. **Uma Viagem pelos Saberes Docentes dos Professores de Química**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS. 2011.

JOHNSON, P. **Developing Students' Understanding of Chemical Change: What Should We Be Teaching?** *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1, p. 77-90. 2000.

JONES, M. R. **Idealization and Abstraction: a Framework.** *In: JONES, M. R.; CARTWRIGHT, N. (eds.). Idealization XII: Correcting the Model: Idealization and Abstraction in the Sciences.* Poznań Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, vol. 86, pp. 173-217. New York, NY. 2005.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. **Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers.** *International Journal of Science Education*, 24: 4, p. 369 – 387. 2002.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. **Teachers' views on the nature of models.** *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 11, p. 1369 – 1386. 2003.

KIOURANIS, N. M. M.; SOUZA, A. R. de; FILHO, O. S. **Experimentos Mentais e suas Potencialidades Didáticas.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, 1507, p. 1-10. 2010.

KNUUTTILA, T. **Modelling and Representing: An Artefactual Approach to Model-Based Representation.** *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 42, p. 262-271. 2011.

KNUUTTILA, T. **Models, Representation, and Mediation.** *In: Philosophy of Science, 19th Biennial Meeting. Contribution Papers.* Austin, Texas. 2004.

KOPESKY, J. **Models.** *In: Internet Encyclopedia of Philosophy.* 2006. Disponível em: www.iep.utm.edu/models.

LAUGIER, A.; DUMON, A. **Obstacles épistémologiques et Didactiques à la Construction du Concept d'Élément Chimique: Quelles Convergences?** *Didaskalia*, n. 22, p. 69-97. 2003.

LAUGIER, A.; DUMON, A. **The Equation of Reaction: A Cluster of Obstacles Which are Difficult to Overcome.** *Chemistry Education: Research and Practice*, v. 5, n. 3, p. 327-342. 2004.

LAUGIER, A.; DUMON, A. **Travaux Pratiques em Chimie et Representation de la Reaction Chimique par l'Equation-Bilan dans les Registres Macroscopique et Microscopique: une Etude em Classe de Seconde (15-16 Ans).** *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1, p. 61-75. 2000.

LEMES, A. F. G. **Evidência não Evidente: As Explicações em uma Disciplina de Química Geral.** Tese de Doutorado, USP/SP. 2016.

LEMES, A. F. G. **Evidência não Evidente: As Explicações em uma Disciplina de Química Geral.** Tese de Doutorado, USP/SP. 2016.

LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. **Introdução à Filosofia da Química: Uma Revisão Bibliográfica das Questões mais Discutidas na Área e sua Importância para o Ensino de**

- Química.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 13, n. 3, p. 121-147. 2013.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. **Particularidades Estruturadoras da Ciência Química: Alguns Pontos Explicitados por Doutorandos em Química.** Anais ABRAPEC, p. 1-12. Campinas, 2011.
- LIBÂNEO, J. C. **Didática e Trabalho Docente: A Mediação Didática do Professor nas Aulas.** In: LIBÂNEO, J. C.; SUANNO, M. V. R.; LIMONTA, S. V. Concepções e Práticas de Ensino num Mundo em Mudança: Diferentes Olhares para a Didática. PUC-GO, Goiânia/GO, p. 85-100. 2011.
- LIMA, A. de A. **Uso de Modelos no Ensino de Química.** Dissertação de Mestrado – UFRN. 2007.
- LÔBO, S. F. **A Licenciatura em Química da UFBA: Epistemologia, Currículo e Prática Docente.** Tese de Doutorado. UFBA, 2004.
- LOPES, A. R. C. **Conhecimento Escolar em Química – Processo de Mediação Didática da Ciência.** Química Nova, v. 20, n. 5, p. 563-568. 1997.
- LUCENA, A. D. **Realismo Científico: Una Introducción al Debate Actual en la Filosofía de la Ciencia.** Universidad de Málaga. 1998.
- LUNA, S. V. de. **O Falso Conflito entre Tendências Metodológicas.** In: FAZENDA, I. C. A. (org). **Metodologia da Pesquisa Educacional.** Ed. Cortez, 6ª ed. São Paulo, p. 21-33. 2000.
- MACEDO, J. M.; PENHA, M. R. **Desmistificando a Química: Investigação das Definições dos Estudantes do IFRO Sobre o Real Conceito das Reações Químicas.** Educação por Escrito, v. 5, n. 1, p. 51-67. Porto Alegre-RS. 2014.
- MACHADO, A. H. **Pensando e Falando sobre Fenômenos Químicos.** Química Nova da Escola, n. 12. Novembro 2000.
- MALDANER, O. A. **A Formação Continuada de Professores: Ensino Pesquisa na Escola – Professores de Química Produzem seu Programa de Ensino e se Constituem Pesquisadores de sua Prática.** Tese de Doutorado. Faculdade de Educação – Unicamp, Campinas/SP. 1997.
- MALDANER, O. A. **A Formação Inicial e Continuada de Professores de Química: Professores/Pesquisadores.** 2ª Ed. Revisada. Coleção Educação em Química, ed. UNIJUÍ, Ijuí/RS. 2003.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa.** 5ª. ed, Atlas, São Paulo. 2002.
- MARCUSCHI, L. A.; DIONÍSIO, A. P (orgs). **Fala e Escrita.** 1ª. ed. Autêntica, Belo Horizonte/MG. 2007.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. **Explicando uma Explicação.** Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 1, n. 1, p. 25-38. 1999.

MASINI, E. F. S. **Enfoque Fenomenológico de Pesquisa em Educação**. In: FAZENDA, I. (org.). **Metodologia da Pesquisa Educacional**. 6ª. ed., Cortez, São Paulo. 2000.

MASON, J. **Qualitative Interviewing: Asking, Listening and Interpreting**. In: MAY, T. *Qualitative Research in Action*. Sage Publications, p. 225-241. 2002.

McEWAN, M. **The semantic view of theories: models and misconceptions**. London School of, 2006.

MELO, M. R. M.; NETO, E. G. de L. **Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química**. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 112-122. 2013.

MENDES, M. P. de L. **O Conceito de Reação Química no Nível Médio: História, Transposição Didática e Ensino**. Dissertação de Mestrado. UFBA/UEFS. 2011.

MENESES, F. M. G. **A Compreensão da Reação Química como um Sistema Complexo a Partir dos Erros e Dificuldades de Aprendizagem de Estudantes do Nível Médio**. Tese de Doutorado. UFRN. 2015.

MILARÉ, T. **Ligações iônica e covalente: relações entre as concepções dos estudantes e dos livros de Ciências**. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Atas... Florianópolis, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. Ed. Unijuí, 2ª ed. Revisada. 2013.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. (ed.). **Models as Mediators: Perspective on Natural and Social Science**. *Ideas in Context 52*. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. (ed.). **Models as Mediators: Perspective on Natural and Social Science**. *Ideas in Context 52*. Cambridge University Press. Cambridge. 1999.

MORGON, N. H. **Computação em Química Teórica: Informações Técnicas**. *Química Nova*, vol. 24, n. 5. São Paulo, 2001.

MORRISON, M. **Approximating the Real: The Role of Idealizations in Physical Theory**. In: JONES, M. R.; CARTWRIGHT, N. (eds.). **Idealization XII: Correcting the Model: Idealization and Abstraction in the Sciences**. *Poznań Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, vol. 86, pp. 145-172. New York, NY. 2005.

MORRISON, M. **Reconstructing Reality: Models, Mathematics and Simulations**. Oxford University Press, New York. 2015.

MORRISON, M. **Reconstructing Reality: Models, Mathematics and Simulations**. Oxford University Press. New York. 2015.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. **Transformações: Concepções de Estudantes sobre Reações Químicas**. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 23-26. Novembro, 1995.

MOTA, E. A. D. **Saberes e Conhecimentos Docentes: Experiências da Formação e Experiências da Profissão**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas/SP. 2005.

- MOURA, P. R. G. **Ciência e Compreensão: Abordagem Fenomenológico-Hermenêutica e Processo Educacional em Ciências Fundamentado**. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre/RS. 2016.
- NAGEL, E. **La Estructura de la Ciencia: Problemas de la Lógica de la Investigación Científica**. Ed. Paidós. Barcelona. 2006.
- NAKHLEH, M. B. **Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions**. Journal of Chemical Education, v. 69, n. 3. Março, 1992.
- NAKHLEH, M. B. **Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions**. Journal of Chemical Education, v. 69, n. 3. 1992.
- NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. **Reações Envolvendo Íons em Solução Aquosa: Uma Abordagem Problematizadora para a Previsão e Equacionamento de Alguns Tipos de Reações Inorgânicas**. Química Nova na Escola, n. 23, p. 14-18. 2006.
- NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; FERNANDEZ, C. **Um Olhar Crítico Sobre o Uso de Algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a Compreensão das Transformações e Representações das Equações Químicas**. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 3, p. 587-600. 2007.
- NEWMAN, M. **Emergence, supervenience, and introductory chemical education**. Science & Education, v. 22, n. 7, p. 1655-1667, 2013.
- NIINILUOTO, I. **Critical Scientific Realism**. Oxford University Press, New York. 1999.
- NUNES, J. H. **As Metáforas nas Ciências Sociais**. Associação Editorial Humanitas, São Paulo, 2005.
- NUÑEZ, I. B.; NEVES, L. S.; RAMALHO, B. L. **Uma Reflexão ao Estudo da Mecânica Quântica: O Caso do Princípio da Incerteza**. Revista Iberoamericana de Educación, 2003. Disponível em <http://www.rioei.org/deloslectores/Beltran.PDF>, acessado em 12 de maio de 2010.
- NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Conhecimento Profissional para Ensinar a Explicar Processos e Fenômenos nas Aulas de Química**. Revista Educação em Questão – UFRN, v. 52, n. 38, p. 243-268. 2015.
- OKI, M. C. M. **Controvérsias sobre o Atomismo no Séc. XIX**. Quím. Nova, vol. 32, n.4. São Paulo. 2009.
- OSÓRIO, M. V. **Análise das concepções de ciência de uma professora de Biologia e de alunos de uma escola pública em São Paulo**. Monografia. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.
- ÖZMEN, H.; AYAS, A. **Students' Difficulties in Understanding of The Conservation of Matter in Open and Closed-System Chemical Reactions**. Chemical Education: Research and Practice, v. 4, n. 3, p. 279-290. 2003.
- PEARSON, K. **The Grammar of Science**. Adam & Charles Black, 2^a ed. Londres. 1900.

- PEREIRA, J. E. D. **A Construção do Campo de Pesquisa sobre Formação de Professores.** Educação & Sociedade, v. 20, n. 68, p. 109-125, 2013.
- PEREIRA, J. E. D. **As Licenciaturas e as Novas Políticas Educacionais para a Formação Docente.** Educação & Sociedade, v. 20, n. 68, p. 109-125, 1999.
- PIETROCOLA, M.; CUSTÓDIO, J. F.; CRUZ, F. F. de S. **Explicações Científicas, Explicações Escolares e Entendimento.** Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 4, n. 2, p. 179-204. 2011.
- PORTIDES, D. **A Theory of Scientific Model Construction: The Conceptual Process of Abstraction and Concretization.** Foundations of Science, 10:67-88, 2005.
- RAPLEY, T. J. **The Art(fulness) of Open-Ended Interviewing: Some Considerations on Analysing Interviews.** Qualitative Research, v. 1, n. 3, p. 303-323. 2001.
- RAVIOLO, A.; GARRITZ, A.; SOSA, P. **Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica.** Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, v. 8, n. 3, p. 240-254. 2011.
- REYES, F.; GARRITZ, A.; VARGAS, M. **Conocimiento Pedagógico del Contenido em Profesores Mexicanos sobre el Concepto de “Reacción Química”.** Enseñanza de las Ciencias, n. extra. 2005.
- RIBEIRO, M. A. P. **Filosofia e Química: Miscíveis – Quais as Implicações da Filosofia da Química para o Ensino de Química?** XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. 2008.
- ROACH, E. F. F. **Abordagem fenomenológico-hermenêutica e pesquisa em educação: um estudo de vigilância epistemológica.** ETD - Educação Temática Digital v. 10, n. 1, p. 198-226. 2008.
- ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. **A Linguagem Química e o Ensino da Química Orgânica.** Quím. Nova, vol. 31, n.4, p. 921-923. São Paulo, 2008.
- RUBEN, D. **Explaining Explanation.** Taylor & Francis, Londres. 2004.
- SALMON, W. C. **Four Decades of Scientific Explanation.** University of Pittsburgh Press. 2006.
- SALMON, W. C. **Scientific Explanation and the Causal Structure of the World.** Princeton University Press, New Jersey. 1984.
- SALMON, W. C. **The Causal Structure of the World.** Methateoria, v. 1, n. 1, p. 1-13. 2010.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. **Metodología de la Investigación.** 5ª Ed., McGraw Hill. 2010.
- SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. de S. **Química Cidadã.** Ed. Nova Geração, vol. 2, 1ª. Ed. São Paulo, 2010.

SCERRI, E. R. **The New Philosophy of Chemistry and its Relevance to Chemical Education.** *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 2, n. 2, p. 165-170. 2001.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. **Concepções sobre a natureza da ciência num curso de Ciências Biológicas: imagens que dificultam a educação científica.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12(2), pp. 157-181, 2007.

SCHNETZLER, R. P. **Do Ensino como Transmissão, para um Ensino como Promoção de Mudança Conceitual nos Alunos: um Processo (e um Desafio) para a Formação de Professores de Química.** *Cadernos Anped*, Belo Horizonte, Conferência na 16ª Reunião Anual, n. 6, p. 55-89. 1994.

SCHÖN, D. **Formar Professores como Profissionais Reflexivos.** In: NÓVOA, A. (org). *Os Professores e Sua Formação.* Lisboa: Dom Quixote, p. 77-92. 1992.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M. **Exploring the Development of Students' Conceptual Profiles of Chemical Change.** *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 1, p. 3-12. 2003.

SOUZA, O. **Abordagens Fenomenológico-Hermenêuticas em Pesquisas Educacionais.** *Contra Pontos*, ano 1, n. 1. Jan/jun 2001.

STREVEENS, M. **No Understanding Without Explanation.** *Studies in History and Philosophy of Science*, n. 44, p. 510-515. 2013.

SUÁREZ, M. **Scientific Representation: Against Similarity and Isomorphism.** *International Studies in the Philosophy of Science*, 17, p. 225-244. 2003.

SUÁREZ, M. **The Role of Models in Applications of Scientific Theories: Epistemological Implications.** In: MORGAN, M. S.; MORRISON, M. *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science.* Cambridge University Press, New York, p. 168-196. 1999.

SUPPE, F. **La Estructura de las Teorías Científicas.** Trad. Pillar Castrillo e Eloy Rada. Editora Nacional, Madrid, Espanha, 1979.

SUPPE, F. **The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism.** University of Illinois Press, Urbana/Chicago. 1989.

SUPPE, F. **Understanding Scientific Theories: An Assessment of Developments, 1969-1998.** *Philosophy of Science*, p. S102-S115. 2000.

TABER, K. S. **Chemical Misconceptions: Diagnoses, Prevent and Cure.** V. 1: Theoretical Background, p. 141-154. Royal Society of Chemistry, Londres. 2002.

TABER, K. S. **Learning at the Symbolic Level.** In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. (orgs). *Multiple Representation in Chemical Education.* Cap. 4, p. 75-105, Springer, Dordrecht. 2009.

TABER, K. S. **Learning at the symbolic level.** In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. (Ed.). *Multiple Representations in Chemical Education.* Springer, Dordrecht, p. 75-108. 2009.

TABER, K. S. **Revisiting the Chemistry Triplet: Drawing Upon the Nature of Chemical Knowledge and the Psychology of Learning to Inform Chemistry Education.** Chemistry Education Research and Practice, n. 14, p. 156-168. 2013.

TALANQUER, V. **Chemistry Education: Tem Dichotomies We Live By.** Journal of Chemical Education, v. 89, n. 11, p. 1340-1344. 2012.

TALANQUER, V. **Formación Docente: ¿Que Conocimiento Distingue a los Buenos Maestros de Química?** Educación Química, v. 15, n. 1, p. 60-66. 2004.

TALANQUER, V. **Macro, Submicro and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry “Triplet”.** International Journal of Science Education, n. 33, v. 2, p. 179-195. 2010.

TARDIF, M. **Saberes Docentes e Formação Profissional.** 8ª. ed. Vozes, Petrópolis/RJ. 2007.

TOMASI, J. **Toward ‘Chemical Congruence’ of the Models in Theoretical Chemistry.** Hyle, v. 5, n. 2, p. 79-115. 1999.

TONTINI, A. **On The Limits of Chemical Knowledge.** HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, vol. 10, n. 1, p. 23-46. 2004.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. **The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations.** International Journal of Science Education, v. 25, n. 11, p. 1353-1368. 2003.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química.** Ed. Saraiva, vol. Único, 5ª. Ed. São Paulo. 2002.

WITTGENSTEIN, L. **Investigações Filosóficas.** Ed. Nova Cultural. Trad. Luis Carlos Bruni. São Paulo. 1999.

ZATTI, V. **Autonomia e Educação em Immanuel Kant e Paulo Freire.** EDIPUCRS, Porto Alegre/RS. 2007.

ANEXOS

ANEXO I – Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE)

Eu, Edmundo Itamar Nonato de Jesus, brasileiro, RG nº 3.510.211 – SSP/BA, Professor, Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela UFBA/UEFS, venho, por meio deste documento, solicitar a sua participação na fase de produção de dados para a minha Tese de Doutorado, cujo objetivo é **compreender as concepções de licenciandos em Química sobre as equações químicas na formação inicial**, orientado pelo Prof. Dr. José Luiz de Paula Barros Silva e coorientado pela Profa. Dra. Isadora Melo Gonzalez, ambos da UFBA.

Importante salientar que a Tese não fará menção a seu nome, endereço eletrônico, telefone, nem qualquer outro dado pessoal que você tenha fornecido no decorrer da pesquisa. Fica garantido, assim, o seu direito ao sigilo de seus dados pessoais, cujo acesso será restrito a mim. A transcrição das informações produzidas na pesquisa e as construções textuais que comporão a Tese se referirão a você através de um código de categorização, também restrito ao meu conhecimento (por exemplo: estudante A, estudante B etc.). A pesquisa não tem o objetivo de avaliar você, tampouco avaliar a disciplina ou a professora que cedeu o horário da aula para aplicação dos instrumentos e não tem qualquer importância quantitativa no que se refere à nota na disciplina, nem qualquer outro tipo de recompensa, de qualquer natureza.

Sua participação se dará em dois momentos: na resposta ao **questionário**, que ocorrerá em sala de aula, e durante uma **entrevista** (com gravação de voz e filmagem) que ocorrerá em momento que nós possamos concordar. Por isso, é importante que você se identifique e coloque a informação que me permitirá entrar em contato (endereço eletrônico e telefone). Ao assinar este termo, você estará se disponibilizando a participar desta pesquisa e autorizando a publicação das respostas ao questionário e à entrevista. Mais uma vez saliento que seus dados pessoais não estarão presentes na confecção da Tese, nem serão divulgados a terceiros, e que as respostas publicadas na Tese não farão referências pessoais a você.

A qualquer momento você poderá solicitar a transcrição de suas participações e, ao final do processo de pesquisa e defesa da Tese, poderá solicitar uma cópia eletrônica (.pdf) do trabalho concluído. Também, a qualquer momento você poderá desistir de participar desta pesquisa sem qualquer ônus.

Nome:	Tel.:	E-mail:
Salvador/BA, __ / __ / ____.	Assinatura: _____	
	Assinatura do pesquisador: _____	
Meu contato: Itamar.	Tel.: 992754696	E-mail: itacaucefet@gmail.com

ANEXO II – Organização do *Corpus*

- **Dimensão Ontológica**

Unidade de Significado	Categoria
Carla.02-A(2): são construídos por observações, pesquisas e experimentações.	Construção
Duda.04-A(1): uma teoria testada e verdadeira se tornará um modelo.	Construção
Edson.04-A(1): uma forma de sustentar a teoria.	Construção
Fran.08-A: os fenômenos químicos ocorrem através de uma equação química.	Construção
Graça.04-A(1): são criados a partir das teorias.	Construção
Graça.08-A(1): as equações químicas nada têm a ver com os fenômenos químicos.	Construção
Graça.08-A(2): os fenômenos existem independente das equações.	Construção
Iana.04-A(1): desenvolvidos através das teorias.	Construção
Júlia.05-A(2): à medida que novos conhecimentos vão sendo acrescentados às teorias, os modelos podem mudar.	Construção
Ana.01-B.t8(2): (...) pra gente ver o que é que realmente está acontecendo.	Realismo
Bob.04-B.t3(3): tô mostrando ali no papel o que pode acontecer na realidade.	Realismo
Duda.03-B.t3: a equação é um modelo, mas a equação é idealizada, mas a reação seria o real, com todos os fatores influenciando.	Realismo
Hilda.02-B.t1(2): a gente tem que ter cuidado ao trabalhar com esses modelos porque a gente não pode pensar que é assim, que realmente é.	Realismo
Hilda.02-B.t2: o modelo é uma representação bem próxima da realidade. Ele tenta se aproximar do real.	Realismo
Hilda.02-B.t3(3): para mim não é totalmente real, mas é praticamente isso. Pra gente ter uma compreensão.	Realismo
Ana.02-A(1): um modelo é a representação para nos referir a determinada coisa.	Representação
Ana.02-A(2): os modelos científicos são nossos referenciais para formularmos nossas explicações científicas.	Representação
Ana.05-A: os modelos servem como uma forma de padronização.	Representação
Ana.07-A(1): é a representação simbólica de uma reação.	Representação
Bob.02-B.t4(1): você está estudando determinado fenômeno, que acontece. E para trazer isso de uma forma mais visível para as pessoas, você constrói um modelo.	Representação
Bob.02-B.t5: modelo é uma representação de algo.	Representação
Bob.07-A: é a escrita do que ocorre ao substâncias interagirem.	Representação
Bob.08-A: é como trazer para o papel o que está ocorrendo na realidade.	Representação
Bob.10-A: demonstra através da escrita a reação química.	Representação
Carla.07-A: é a representação da reação química.	Representação
Carla.08-A: os fenômenos químicos podem ser representados pelas equações químicas.	Representação
Carla.10-A(1): essas equações vão representar a reação química.	Representação
Duda.01-B.t3(1): (...) eu aprendi aqui no curso que a equação	Representação

química é a representação da reação, no meu ensino médio eu não aprendi isso.	
Duda.02-A(1): é algo idealizado.	Representação
Duda.02-A(2): criado para representar ideias.	Representação
Duda.02-A(2): criado para representar ideias.	Representação
Duda.03-B.t3: a equação é um modelo, mas a equação é idealizada, mas a reação seria o real, com todos os fatores influenciando.	Representação
Duda.05-A: o fenômeno é algo mais realista, enquanto o modelo é idealizado.	Representação
Duda.07-A(1): é a representação da reação química.	Representação
Duda.08-A: um fenômeno químico pode ser representado pela equação química.	Representação
Edson.02-A(1): representação material de um conceito muito abstrato.	Representação
Edson.02-B.t2(1): para mim, os modelos são representações.	Representação
Edson.02-B.t2(2): dentro do questionário foi que eu me toquei que equações químicas eram modelos.	Representação
Edson.04-A(2): representação da teoria em um campo real.	Representação
Edson.04-B.t4(1): representar o fenômeno com uma linguagem própria da Química.	Representação
Edson.07-A: é uma forma de representar reações com uma linguagem química.	Representação
Edson.08-A: é uma forma de representar os fenômenos.	Representação
Fran.02-A(1): é uma representação de um fenômeno.	Representação
Fran.05-A: é difícil representar através de modelos o que é proposto pela teoria.	Representação
Fran.10-A: representa se uma reação é possível de ocorrer.	Representação
Graça.02-A(1): é algo que podemos tomar como referência.	Representação
Graça.07-A(1): é um modelo que pode expressar como uma reação química acontece.	Representação
Graça.08-A(3): as equações são apenas modelos que tentam facilitar o entendimento dos fenômenos químicos.	Representação
Hilda.01-B.t5(2): (...) Ela é uma representação do que tá acontecendo, que a gente não consegue perceber macroscopicamente.	Representação
Hilda.02-A(1): é uma representação do que imaginamos que seja o ideal.	Representação
Hilda.02-B.t2: o modelo é uma representação bem próxima da realidade. Ele tenta se aproximar do real.	Representação
Hilda.03-A(1): para representar as ligações, ângulos e átomos nas moléculas.	Representação
Hilda.04-B.t5: eu acho que é a representação da reação.	Representação
Hilda.05-A(1): é a representação mais próxima do real.	Representação
Hilda.05-A(2): o que queremos do modelo é a representação do abstrato.	Representação
Hilda.07-A(1): é a representação da reação.	Representação
Hilda.08-A: as equações químicas representam os fenômenos químicos.	Representação
Iana.02-A(1): algo representativo.	Representação
Iana.03-A(2): representação de ângulos de ligação, impedimento estérico e outros.	Representação
Iana.04-A(2): representam o que a teoria diz sobre o fenômeno.	Representação

Iana.05-A(1): representam as teorias a um nível macroscópico.	Representação
Iana.07-A(1): é a representação de uma reação química.	Representação
Iana.08-A: equações químicas ajudam a explicar como os fenômenos ocorrem, a nível representacional e microscópico.	Representação
Júlia.05-A(1): os modelos podem nem sempre condizer com a realidade.	Representação
Júlia.07-A(1): é a representação de uma reação química.	Representação
Júlia.08-A: as equações químicas representam na teoria o que pode acontecer na prática.	Representação
Ana.06-A(1): dois ou mais produtos, resultando em um ou mais produtos.	Visão Macro/Submicro
Ana.06-B.t5(1): A gente vê a substância, mas a gente não vê o S, o O... a gente vê a substância.	Visão Macro/Submicro
Bob.06-A(1): interação entre substâncias.	Visão Macro/Submicro
Carla.06-A(1): mistura de dois ou mais componentes, gerando um terceiro componente (pode ser gerado mais de um) diferente dos dois componentes iniciais.	Visão Macro/Submicro
Duda.06-A(1): átomos se reorganizam entre si mesmos, ou na presença de outros átomos formando uma nova espécie.	Visão Macro/Submicro
Edson.06-A(1): transformação de uma determinada matéria em outra.	Visão Macro/Submicro
Fran.06-A(1): é constituída por reagentes e produtos.	Visão Macro/Submicro
Graça.06-A(1): dois ou mais componentes que modifica a natureza inicial destes.	Visão Macro/Submicro
Hilda.01-B.t5(3): (...) Pra ocorrer reação tem que haver essa quebra de ligações e formação de outras ligações.	Visão Macro/Submicro
Hilda.05-B.t1: pra haver reação química você tem que ter quebras e formações de ligações.	Visão Macro/Submicro
Hilda.06-A(1): interação entre duas ou mais moléculas formando um produto diferente do que estava antes.	Visão Macro/Submicro
Iana.06-A(1): combinação de espécies através do estabelecimento de ligações químicas.	Visão Macro/Submicro
Júlia.06-A(1): representa as transformações químicas da matéria.	Visão Macro/Submicro

- **Dimensão Epistemológica**

Unidade de Significado	Categoria
Ana.01-B.t5: todos os conteúdos. Tudo que a gente trabalha reação, que é praticamente tudo.	Explicação
Ana.01-B.t6: tem orgânica, os mecanismos das reações, estequiometria, analítica... é o curso todo.	Explicação
Ana.01-B.t7(1): vai mudando o foco, vai mudando o enfoque.	Explicação
Ana.02-A(2): os modelos científicos são nossos referenciais para formularmos nossas explicações científicas.	Explicação
Ana.03-B.t1: pesando o material de partida e depois calculando o rendimento.	Explicação
Ana.03-B.t2: para mim, seria a reação no quadro.	Explicação
Ana.03-B.t3: os coeficientes estequiométricos.	Explicação
Ana.03-B.t4(1): eu preciso da equação porque a aplicação da teoria está na equação.	Explicação
Ana.03-B.t4(2): utilizar a equação para explicar a teoria. Vai ficar	Explicação

muito solto se eu explicar a teoria sem a equação.	
Ana.03-B.t5(1): não só pra você ter a compreensão, mas faz parte da teoria.	Explicação
Ana.03-B.t5(2): a gente tem a teoria, a parte demonstrativa da teoria seria a equação balanceada, vendo os coeficientes estequiométricos.	Explicação
Ana.03-B.t5(2): a gente tem a teoria, a parte demonstrativa da teoria seria a equação balanceada, vendo os coeficientes estequiométricos.	Explicação
Ana.04-A(1): a partir dos modelos podemos explicar a teoria.	Explicação
Ana.04-A(3): auxiliam no entendimento da teoria.	Explicação
Ana.04-B.t1: pelos aspectos visuais que eu observo.	Explicação
Ana.04-B.t2(3): eu utilizaria a equação.	Explicação
Ana.04-B.t2(5): descrever o que está acontecendo.	Explicação
Ana.04-B.t2(6): tem como explicar o fenômeno sem a visualização.	Explicação
Ana.04-B.t3: explicar os fenômenos, explicar o que está ocorrendo ali.	Explicação
Ana.04-B.t3: explicar os fenômenos, explicar o que está ocorrendo ali.	Explicação
Ana.04-B.t6(1): de alguma coisa para medir, para pesar.	Explicação
Ana.04-B.t6(2): vou ver a relação estequiométrica, depois ver a quantidade que eu usei de reagentes, converto isso, calculo pra ver meu rendimento.	Explicação
Ana.04-B.t6(3): é diferente fazer pela balança e fazer pela equação.	Explicação
Ana.04-B.t6(3): é diferente fazer pela balança e fazer pela equação.	Explicação
Ana.04-B.t6(4): o experimental é diferente porque não há aquela conversão 100 %. Ainda têm as interferências, os erros.	Explicação
Ana.04-B.t6(4): o experimental é diferente porque não há aquela conversão 100 %. Ainda têm as interferências, os erros.	Explicação
Ana.06-B.t1: escrever a equação química com essas informações que eu tenho, e saber se eu tenho mais alguma informação. Eu escrevo a equação e vou balancear.	Explicação
Ana.06-B.t2(2): na equação entra a Lei da Conservação da Massa porque eu sei que o que está no reagente tem que estar no produto. Então vem também estequiometria, que eu tenho também que balancear.	Explicação
Ana.06-B.t3: eu creio que não. A não ser que a pessoa faça isso mentalmente, mas de qualquer jeito vai estar fazendo a equação.	Explicação
Ana.06-B.t4: essas informações vêm na questão, mas não na equação.	Explicação
Ana.06-B.t5(3): os estudantes têm que saber diferenciar molécula, átomo, íon, a representação, saber que é abstrato, que isso a gente não tem como visualizar um átomo por causa do tamanho dele, mas a gente tem que compreender isso, como ele se comporta, como é que as coisas se comportam, entender o macroscópico, que seria o fenômeno.	Explicação
Ana.06-B.t5(4): o macroscópico, que seria o fenômeno. A equação a gente tá vendo, mas a gente tá trabalhando no nível microscópico, porque é átomo, é íon... é uma representação.	Explicação
Ana.06-B.t5(5): é muita abstração que tem para poder compreender. O nível de abstração requerido para o entendimento eu acho que é alto, ainda mais no ensino médio que a gente tem. A gente, aqui no ensino superior, já se bate...	Explicação
Ana.07-A(2): deve conter todas as informações necessárias para uma reação ocorrer.	Explicação

Ana.08-A: explicam as reações químicas.	Explicação
Ana.10-A: trabalhar reações químicas sem utilizar as equações químicas é muito difícil.	Explicação
Bob.01-B.t4: (...) equação química é tudo.	Explicação
Bob.01-B.t6: (...) pegar uma coisa pra explicar várias coisas e não faz a conexão entre tudo isso, aí eu acho que isso pode gerar um pouquinho de dificuldade na cabeça do estudante.	Explicação
Bob.03-A: é trabalhado de modo a explicar, compreender e permitir a visualização de uma idealidade de comportamento dos gases	Explicação
Bob.03-A: é trabalhado de modo a explicar, compreender e permitir a visualização dos fenômenos.	Explicação
Bob.03-B.t2(2): é justamente esta conservação da massa. Para respeitar a conservação da massa.	Explicação
Bob.03-B.t2(3): mas aí eu vou estar fazendo no papel.	Explicação
Bob.03-B.t3(2): e isso é dado muito, tipo assim, solto. Ninguém faz este link. Eles colocam lá e pronto.	Explicação
Bob.03-B.t3(2): e isso é dado muito, tipo assim, solto. Ninguém faz este link. Eles colocam lá e pronto.	Explicação
Bob.04-B.t1(1): a mudança de cor é um indicativo.	Explicação
Bob.04-B.t2(1): a equação não ajudaria a explicar o fenômeno porque você mostra uma coisa muito visível para ele, uma coisa assim “ah, meu Deus, mudou a cor”, e agora você joga aquela equação toda e eles vão ficar “hã? O que é isso?”.	Explicação
Bob.04-B.t3(2): você se alfabetiza, praticamente, em Química, quando você faz Química.	Explicação
Carla.02-A(1): são formas de tentar ilustrar e explicar algum conceito.	Explicação
Carla.05-A: surgem a partir da necessidade de explicar/entender os fenômenos.	Explicação
Carla.10-A(2): fazem com que o estudante entenda o fenômeno.	Explicação
Duda.01-B.t13(2): (...) ele vai ter muita dificuldade para associar o que está na bancada para o que vai estar descrito no quadro. Depende, também, de eu falar.	Explicação
Duda.02-B.t1(1): a Química toda, todos os conteúdos, todas as áreas têm diversos modelos.	Explicação
Duda.02-B.t1(2): se for no quadro a gente nunca vai associar como modelo.	Explicação
Duda.02-B.t1(3): quando pegamos, montamos, desmontamos a gente associa): aquilo é um modelo, mas quando é no papel a gente não associa a modelo não.	Explicação
Duda.03-B.t1(1): numa reação química, pela concentração, no caso, as concentrações iniciais e finais, a gente vai saber quanto de massa tem lá dentro. Com uma equação química, só se fosse algo muito idealizado.	Explicação
Duda.03-B.t2: A primeira coisa que vem na mente é): tem alguma coisa errada, o reagente está contaminado, a vidraria estava suja. Existem vários erros associados pra gente ter certeza do que tem aqui na teoria para o que vai acontecer, realmente, na prática.	Explicação
Duda.04-A(2): é necessário que englobe explicações de determinada área.	Explicação
Duda.04-B.t2: a mudança do aspecto da solução.	Explicação
Duda.05-B.t3: é bem mais difícil para o estudante, vai ser bem mais difícil escrever essa daqui de baixo. Ele vai ter uma dificuldade	Explicação

porque vai precisar dominar várias outras coisas que estão subentendidas nesta daqui de cima.	
Duda.05-B.t4: acho que toda coisa nova, se é um ponto novo e a gente tem uma base que é mais simples e a gente vai sair dali e aprofundar é uma barreira. Não vai ficando mais fácil.	Explicação
Duda.07-A(2): deve conter os estados físicos dos reagentes e produtos, as proporções estequiométricas e exatamente como a espécie se encontra: íon, molécula ou átomo.	Explicação
Duda.10-A(1): são imprescindíveis para o entendimento da reação.	Explicação
Duda.10-A(3): pode-se obter muitas informações sobre a reação a partir da equação.	Explicação
Edson.01-B.t2(1): (...) na disciplina Química Geral I, eu vi a equação química mesmo pra questão de reações. Na disciplina de Oficina de Leitura eu tive oportunidade de perceber que equação química fazia parte da linguagem química.	Explicação
Edson.02-A(2): facilita ou aprimora os estudos sobre determinado conceito.	Explicação
Edson.02-B.t3(1): eu acho que os modelos vêm para explicar alguma coisa, facilitar o entendimento.	Explicação
Edson.02-B.t3(2): no caso da equação química, precisava-se de uma linguagem, até para ser mais prático, visualmente, de você olhar e saber os passos de uma reação, saber o que está acontecendo na prática.	Explicação
Edson.04-B.t1(): quando surge uma cor diferente, ou algo precipita, é porque ocorreu a reação.	Explicação
Edson.04-B.t3(1): quando você começa a usar simbologias, a gente escuta direto no PIBID que tudo de Química é número e letras aleatórias.	Explicação
Edson.04-B.t3(2): quando a gente vê na prática eles acham bonito, porque visualmente é uma coisa bonita. Isso chama a atenção de qualquer um, mas quando vai pro quadro tratar da discussão, entrar mesmo no conteúdo, a gente perde muito a atenção dos estudantes porque como eles não veem sentido nestas simbologias e os professores têm dificuldades de trabalhar com isso, essa transição ocorre de maneira problemática.	Explicação
Edson.04-B.t5(3): explicar o visível de uma forma molecular.	Explicação
Edson.05-A(1): explicam alguns fenômenos.	Explicação
Edson.05-A(2): muitos fenômenos que vemos no campo macroscópico só podem ser explicados num nível atômico.	Explicação
Edson.05-B.t2: tanto pelo modelo representar essas equações, quanto para poder explicar essa não ocorrência, facilitar a leitura.	Explicação
Edson.05-B.t4: elas dão a mesma informação, porque sabendo que cada substância aqui é solúvel em água, e você tá me dizendo que elas estão em meio aquoso, então na minha cabeça já vem tudo separadinho.	Explicação
Edson.10-A(2): cumpre o papel de facilitadora do entendimento.	Explicação
Edson.10-A(3): caracteriza o conhecimento químico.	Explicação
Fran.03-A: esses modelos foram utilizados para explicar a geometria das moléculas.	Explicação
Fran.07-A(2): não obrigatoriamente vai acontecer uma reação química.	Explicação
Graça.04-A(2): facilitar o entendimento do mundo.	Explicação
Graça.05-A(1): os fenômenos podem ser explicados através de	Explicação

teorias e modelos.	
Graça.05-A(2): os modelos são criados para melhorar a compreensão do fenômeno.	Explicação
Graça.05-A(3): a explicação dos fenômenos é feita pela teoria, e a compreensão das teorias é facilitada pelos modelos.	Explicação
Graça.07-A(2): mostra quais são os produtos e os reagentes, e o estado de agregação de cada um deles.	Explicação
Graça.08-A(3): as equações são apenas modelos que tentam facilitar o entendimento dos fenômenos químicos.	Explicação
Graça.10-A: facilitar o entendimento das reações.	Explicação
Hilda.01-B.t4(2): (...) Geral I, coloca as equações e pede pra balancear e fazer os cálculos. Geral II, vê a parte da termoquímica. Inorgânica, propriedades físicas dos elementos.	Explicação
Hilda.02-A(2): auxílio para o entendimento, para sair do abstrato e conseguir ter uma compreensão.	Explicação
Hilda.02-A(2): auxílio para o entendimento, para sair do abstrato e conseguir ter uma compreensão.	Explicação
Hilda.02-B.t1(4): modelo ajuda neste sentido, pra gente entender, mais ou menos, as interações que ocorrem, como ocorrem, de certa forma.	Explicação
Hilda.02-B.t3(2): o modelo de bola-e-varetas explica como as ligações estão arrumadas, os ângulos entre elas, a tensão estérica...	Explicação
Hilda.02-B.t4(1): dependendo da situação, ele não consiga suprir, aí vai ter que vir outro modelo para suprir determinadas lacunas.	Explicação
Hilda.02-B.t4(3): tinha que ser criado outros modelos para tentar explicar coisas que não foram explicadas pelo outro.	Explicação
Hilda.02-B.t5: para que não ocorra essa dificuldade do professor para ensinar isso, eu acho que ele tem que saber bem o que vai trabalhar em cada um desses modelos, para não trazer essa confusão para o estudante.	Explicação
Hilda.03-B.t1(1): acho que só pelos cálculos estequiométricos.	Explicação
Hilda.03-B.t1(2): eu acho que não tem como ver isso macroscopicamente não.	Explicação
Hilda.04-A: minimizar as dificuldades de visualização e interpretação.	Explicação
Hilda.04-B.t2: por conta da mudança de coloração.	Explicação
Hilda.04-B.t4(1): você precisa dela pra saber o que está acontecendo para, daí, fazer os cálculos.	Explicação
Hilda.04-B.t4(2): você tem que partir da equação para saber qual a possibilidade, do que com o que reagiu.	Explicação
Hilda.06-B.t2: só pra eu perceber quantos mols de cada coisa formou o produto desejado.	Explicação
Hilda.06-B.t3(1): a equação seria a mesma, só que os cálculos seriam diferentes.	Explicação
Hilda.06-B.t4(3): você tem que ter muito conhecimento quando for fazer os cálculos, pra perceber que não foi 100 % de cada um que foi colocado naquele ambiente pra formar 100 % do outro.	Explicação
Hilda.07-A(2): mostra quais substâncias interagiram, qual a quantidade de matéria (mol), o estado de agregação, os reagentes e os produtos que foram formados.	Explicação
Iana.02-A(2): para explicações que não se realizam a nível macroscópico.	Explicação
Iana.05-A(2): facilitam a compreensão de um determinado	Explicação

fenômeno.	
Iana.07-A(2): envolve espécies reagentes através de uma proporção estequiométrica, com a formação dos produtos.	Explicação
Iana.08-A: equações químicas ajudam a explicar como os fenômenos ocorrem, a nível representacional e microscópico.	Explicação
Iana.08-A: equações químicas ajudam a explicar como os fenômenos ocorrem, a nível representacional e microscópico.	Explicação
Iana.10-A: ajudam a prever as proporções adequadas, em termos estequiométricos.	Explicação
Júlia.02-A(1): explica ou define certas concepções.	Explicação
Júlia.04-A: facilitam a explicação da teoria.	Explicação
Júlia.07-A(2): deve ser devidamente balanceada e o estado de agregação dos seus componentes deve ser representado.	Explicação
Ana.09-A: interpretação macroscópica (mol) de substâncias.	Relação Macro/Submicro
Bob.09-A: interpretação macroscópica (mol) de substâncias.	Relação Macro/Submicro
Carla.09-A: Interpretação macroscópica (mol) de substâncias.	Relação Macro/Submicro
Duda.09-A: Informação submicroscópica de íons em solução.	Relação Macro/Submicro
Edson.09-A: Informação submicroscópica de íons em solução.	Relação Macro/Submicro
Edson.10-A(1): mostra, de forma macro, o que acontece de forma micro.	Relação Macro/Submicro
Fran.07-A(1): é constituída de produtos e reagentes.	Relação Macro/Submicro
Fran.09-A: Informação macroscópica (mol) de substâncias.	Relação Macro/Submicro
Graça.09-A: Informação macroscópica (mol) de substâncias.	Relação Macro/Submicro
Hilda.09-A: Interpretação submicroscópica de íons em solução.	Relação Macro/Submicro
Iana.02-A(3): descreve fenômenos que acontecem a nível microscópico.	Relação Macro/Submicro
Iana.02-A(3): descreve fenômenos que acontecem a nível microscópico.	Relação Macro/Submicro
Iana.09-A: Interpretação submicroscópica de íons em solução.	Relação Macro/Submicro
Júlia.09-A: Interpretação submicroscópica de íons em solução.	Relação Macro/Submicro
Ana.01-B.t8(1): a representação muda. Em Orgânica a gente prefere abrir mais a estrutura, não usa muito condensada, como é permitido, vamos assim dizer, para calcular o rendimento estequiométrico.	Representação
Ana.01-B.t9: se eu estiver com a fórmula estrutural eu vou ver, mais ou menos, em que carbono vai entrar, e se estiver condensada eu não vou.	Representação
Ana.03-B.t6(1): mas o fenômeno não seria a equação, o que acontece lá?	Representação
Ana.03-B.t6(2): o fenômeno tá resumido na equação.	Representação
Ana.04-A(2): modelos propiciam a abstração.	Representação
Ana.04-B.t2(1): não, isso é o fenômeno.	Representação
Ana.04-B.t2(2): a equação química eu sei porque eu sei Química.	Representação
Ana.04-B.t5: a coloração não aparece, nem o meio que está sendo realizado, tipo o béquer.	Representação
Ana.04-B.t6(5): nesse caso aí não. Posso trabalhar com a equação.	Representação
Ana.05-B.t1: a de baixo tá trazendo mais informações que a de cima.	Representação
Ana.05-B.t2: tranquila, não. Aqui já envolveu outras coisas, tipo o entendimento das espécies que estão envolvidas, a informação de que é solúvel em água, saber a carga desses íons... é muita coisa até chegar na de baixo.	Representação
Ana.05-B.t3(1): sobre o mesmo fenômeno, de formas diferentes.	Representação

Ana.06-B.t2(1): eu preciso ver o que está acontecendo através da equação. Eu posso abstrair e ver o que está ocorrendo, mais ou menos, o que a equação me dá suporte para.	Representação
Ana.06-B.t5(1): A gente vê a substância, mas a gente não vê o S, o O... a gente vê a substância.	Representação
Ana.06-B.t5(1): A gente vê a substância, mas a gente não vê o S, o O... a gente vê a substância.	Representação
Ana.06-B.t5(2): a gente não vê o átomo, a gente não vê a molécula, a gente vê as substâncias compostas já ali, pra manipular.	Representação
Ana.06-B.t5(2): a gente não vê o átomo, a gente não vê a molécula, a gente vê as substâncias compostas já ali, pra manipular.	Representação
Bob.02-A(1): é algo mais concreto do que está na teoria.	Representação
Bob.02-A(2): algo que traga uma melhor visualização do que é dito.	Representação
Bob.02-B.t4(2): se fosse só em palavras, é complicado. Mas quando você traz um modelo assim, e mostra, aí você consegue enxergar mais.	Representação
Bob.03-A: é trabalhado de modo a explicar, compreender e permitir a visualização dos fenômenos.	Representação
Bob.04-A: permitem a visualização do que está na teoria.	Representação
Bob.04-B.t3(1): hoje em dia eu vejo as substâncias, mas antes disso eu não enxergava.	Representação
Bob.05-A: algo mais concreto que a teoria.	Representação
Carla.02-A(1): são formas de tentar ilustrar e explicar algum conceito.	Representação
Carla.04-A: ilustração de uma teoria.	Representação
Duda.01-B.t12: não na mesma proporção. Muitas vezes a gente omite a questão calorífica, a mudança de cor...	Representação
Duda.01-B.t13(1): no fenômeno ele vê líquidos, sólidos... na equação, letras e números.	Representação
Duda.01-B.t3(2): (...) eu utilizo a equação química como uma representação.	Representação
Duda.01-B.t4,5: tiveram suas diferenças. (...) Geral I, Geral II, Analítica, Orgânica (...) a representação é bem diferente.	Representação
Duda.01-B.t4,5: tiveram suas diferenças. (...) Geral I, Geral II, Analítica, Orgânica (...) a representação é bem diferente.	Representação
Duda.01-B.t6: (...) ela está passando coisas diferentes e nós estamos buscando coisas diferentes dela.	Representação
Duda.01-B.t7(2): (...) a gente tem que representar do modo mais fácil pra ele entender o que está acontecendo.	Representação
Duda.03-B.t1(2): eu tentaria ir para o laboratório, com base na equação química, pra me basear, mas podem acontecer muitas coisas que não estão dentro da equação química.	Representação
Duda.03-B.t3: a equação é um modelo, mas a equação é idealizada, mas a reação seria o real, com todos os fatores influenciando.	Representação
Duda.03-B.t4: quando eu estava falando essa coisa de real e idealizado eu só lembrava da Lei dos Gases, porque você começa com o perfeito e idealizado, entendendo ele, para depois acrescentar um bocadinho de coisa e ver que não é nada daquilo.	Representação
Duda.04-B.t4: eu acho que a equação iria representar o que aconteceu, mas de forma mais compacta, mais simples. Não mostraria tudo, mas mostraria o suficiente, o necessário para entender o que aconteceu ali.	Representação
Duda.05-B.t2: tem duas equações químicas bem diferentes. Elas	Representação

representam a mesma reação, mas não da mesma forma. O foco de estudo, o que se quer analisar é bem diferente nas duas.	
Duda.06-B.t1: é necessário entender a representação do trióxido de enxofre, a representação do dióxido, a proporção... isso tudo pra você montar a equação.	Representação
Duda.06-B.t2: eu utilizo a equação porque eu preciso ver os reagentes e quando dos reagentes, e os produtos e quanto dos produtos.	Representação
Duda.06-B.t3: a equação estaria como está agora aqui, não mudaria nada. Iria influenciar no cálculo, não na equação.	Representação
Duda.10-A(2): se não houver algo visível, não haverá algo concreto para o estudante basear-se.	Representação
Edson.01-B.t3,4(2): (...) o conteúdo é diferente, mas a equação química é usada para o mesmo objetivo: representar uma reação.	Representação
Edson.02-A(1): representação material de um conceito muito abstrato.	Representação
Edson.02-B.t3(2): no caso da equação química, precisava-se de uma linguagem, até para ser mais prático, visualmente, de você olhar e saber os passos de uma reação, saber o que está acontecendo na prática.	Representação
Edson.03-A(2): representações de moléculas e ligações foram utilizadas como forma de diminuir a abstração e facilitar o entendimento do conteúdo.	Representação
Edson.04-B.t4(2): mostrar os reagentes envolvidos, as representações químicas das substâncias, a mudança que ocorreu e englobar o conteúdo que você está trabalhando.	Representação
Edson.05-B.t2: tanto pelo modelo representar essas equações, quanto para poder explicar essa não ocorrência, facilitar a leitura.	Representação
Edson.05-B.t3: estão tratando da mesma situação, mas estão sendo representadas de formas diferentes.	Representação
Edson.06-B.t3: na questão de a Química ter sua própria linguagem, e também de conseguir detalhar os fenômenos de forma mais simples, o que acontece visualmente.	Representação
Edson.07-A: é uma forma de representar reações com uma linguagem química.	Representação
Fran.02-A(2): demonstra o que os cientistas criaram na sua teoria.	Representação
Fran.04-A: visualização da representação.	Representação
Hilda.01-B.t5(1): (...) É uma forma de representar o que está acontecendo, que a gente não consegue perceber microscopicamente.	Representação
Hilda.01-B.t5(4): (...) Ela é uma representação do que tá acontecendo, que a gente não consegue perceber macroscopicamente.	Representação
Hilda.01-B.t5(5): (...) É uma forma pra sair do abstrato, uma forma de aproximar mais essas transformações que ocorrem simbolicamente.	Representação
Hilda.01-B.t5(5): (...) É uma forma pra sair do abstrato, uma forma de aproximar mais essas transformações que ocorrem simbolicamente.	Representação
Hilda.02-A(1): é uma representação do que imaginamos que seja o ideal.	Representação
Hilda.02-A(2): auxílio para o entendimento, para sair do abstrato e conseguir ter uma compreensão.	Representação

Hilda.02-B.t1(2): a gente tem que ter cuidado ao trabalhar com esses modelos porque a gente não pode pensar que é assim, que realmente é.	Representação
Hilda.02-B.t1(3): é um modelo, é uma coisa que é pra gente sair realmente do abstrato pra tentar perceber, pra tentar entender o fenômeno.	Representação
Hilda.02-B.t4(2): o modelo de bolas de assoprar é, às vezes, melhor que o modelo bola-e-vareta para explicar como ocorre a repulsão espacial.	Representação
Hilda.02-B.t5: para que não ocorra essa dificuldade do professor para ensinar isso, eu acho que ele tem que saber bem o que vai trabalhar em cada um desses modelos, para não trazer essa confusão para o estudante.	Representação
Hilda.03-B.t1(3): antes de fazer a reação você tem que saber a equação.	Representação
Hilda.03-B.t2(1): é representar realmente o que foi posto antes e depois.	Representação
Hilda.03-B.t2(2): Pela equação você vai ver se o processo foi reversível ou não, se usou catalisador, ou não, outro reagente, ou não... ela vai representar o que foi feito.	Representação
Hilda.04-B.t3: eu acho que a equação química vai mostrar o que aconteceu.	Representação
Hilda.04-B.t6: na equação não tem dizendo a coloração. Ela só vai dizer o que foi que formou, se foi um sólido, se foi líquido, se vai haver mudança de estado ou não, vai mostrar a estequiometria, vai mostrar se foi íon, se não foi...	Representação
Hilda.05-B.t2(1): mostrar o que foi misturado antes e depois, mostrar os estados de agregação, o tipo de íon que está na solução.	Representação
Hilda.05-B.t2(2): é a mesma coisa, só que a de baixo está mais detalhada que a de cima.	Representação
Hilda.06-B.t1: eu fiz a equação para visualizar o que estava acontecendo.	Representação
Hilda.06-B.t3(2): eu acho que essa representação é só pra gente ver quais são os reagentes que estão ali, que vão reagir pra formar um produto.	Representação
Hilda.06-B.t4(1): vai representar apenas a ideal, porque vai ficar parecendo que formou 100 % deste produto na equação.	Representação
Hilda.06-B.t4(2): Ela só pode representar de forma bem superficial o que realmente está acontecendo.	Representação
Júlia.10-A: ajudam a visualizar o eu ocorre no processo.	Representação
Ana.01-B.t7(2): (...) de acordo com o que a gente quer trabalhar.	Uso pragmático
Ana.05-B.t3(2): depende do foco, do que você quer trabalhar, da maneira como você está trabalhando.	Uso pragmático
Bob.01-B.t5(1): (...) a depender do que você vai utilizar. Vai da especificidade que você quer daquela equação em si.	Uso pragmático
Duda.01-B.t6: (...) ela está passando coisas diferentes e nós estamos buscando coisas diferentes dela.	Uso pragmático
Duda.01-B.t7(3): (...) vai de cada assunto.	Uso pragmático
Duda.04-B.t5(1): dependeria do que eu quero investigar. Vai variar com o que eu quero investigar, com o que eu estou abordando com os estudantes.	Uso pragmático
Duda.04-B.t5(2): pode ser de várias formas, porque tem vários assuntos envolvidos aí que podem se abordados com a mesma	Uso pragmático

reação, mas vai variar o que o estudante está estudando.	
Duda.05-B.t1: eu acredito que essa equação iônica é mais adequada para abordar a questão dos íons, se houve ou não reação.	Uso pragmático
Duda.05-B.t2: tem duas equações químicas bem diferentes. Elas representam a mesma reação, mas não da mesma forma. O foco de estudo, o que se quer analisar é bem diferente nas duas.	Uso pragmático
Edson.01-B.t3,4(1): praticamente, em todas as disciplinas, mas não foram apresentadas da mesma forma. Depende do conteúdo.	Uso pragmático
Edson.01-B.t5: (...) o olhar é diferente. Geral II tá focado na questão estequiométrica, já Orgânica em como se dá o processo. Vão utilizar a mesma equação, mas o que vão tirar dela é diferente.	Uso pragmático
Hilda.02-B.t4(2): o modelo de bolas de assoprar é, às vezes, melhor que o modelo bola-e-vareta para explicar como ocorre a repulsão espacial.	Uso pragmático

- **Dimensão Pedagógica**

Unidade de Significado	Categoria
Ana.01-B.t3(3): (...) aqui eu aprendi os mínimos detalhes da equação, de como escrever corretamente.	Abordagem
Ana.03-A(1): foram discutidos o que são, o processo de construção desses modelos, os motivos da preferência de um em relação a outro, a evolução dos modelos, a história deles e a contribuição de um modelo ao outro.	Abordagem
Ana.04-B.t4: depende do nível dele. Se ele não souber nada, tem que ter um mediador.	Abordagem
Bob.01-B.t5(2): Nunca tinha pensado nisso.	Abordagem
Bob.01-B.t7(1): (...) ninguém ensina 'equação química' em si.	Abordagem
Carla.03-A(1): a discussão foi feita por uma linha do tempo em que eram destacadas as contribuições de cada cientista.	Abordagem
Duda.03-A: de forma evolutiva os modelos foram sendo propostos.	Abordagem
Duda.03-A: de forma evolutiva os modelos foram sendo propostos.	Abordagem
Edson.01-B.t1(2): (...) fui ver a questão de equação química mesmo na Universidade.	Abordagem
Edson.01-B.t6(3): (...) a gente recebe muitas críticas dos professores porque a gente critica bastante os métodos dos professores da escola básica, mas na hora de fazer aulas a gente repete as mesmas coisas.	Abordagem
Edson.02-B.t1: os modelos são apresentados): “modelo cinético dos gases é assim...”, “modelos atômicos são assim...”, exceto um pouco esta parte de modelos atômicos, porque a professora, de fato, discutia. Mas geralmente eles são jogados mesmo, assim e pronto, estabelecido.	Abordagem
Edson.02-B.t4(1): não há essa discussão. Em Físico-Química, o professor até tentou uma estratégia de discutir os conteúdos, como eles são abordados em livros didáticos do ensino médio, mas não teve sequência.	Abordagem
Edson.02-B.t4(2): essas discussões de como os modelos são abordados no ensino médio, como que tem de problemático, visto no ensino médio, sempre são vistos em disciplinas do ensino. Como eu fiz PIBID, a gente tem essa discussão mais aprofundada dessas coisas dentro do PIBID, mas nas disciplinas, não.	Abordagem
Edson.03-A(1): modelos atômicos foram abordados na sala junto	Abordagem

com os conceitos referentes aos modelos, por exemplo, modelo de Dalton e Bohr.	
Edson.03-A(2): representações de moléculas e ligações foram utilizadas como forma de diminuir a abstração e facilitar o entendimento do conteúdo.	Abordagem
Edson.05-B.t5: em termos didáticos, se eu fosse levar isso para o ensino básico, eu mostraria as duas equações, fazendo uma sequência, porque para mim ficaria mais arrumado.	Abordagem
Fran.03-A: esses modelos foram utilizados para explicar a geometria das moléculas.	Abordagem
Graça.03-A: tratou-se da evolução dos modelos.	Abordagem
Hilda.01-B.t3(2): isso também não é trabalhado no ensino médio, o como fazer.	Abordagem
Hilda.01-B.t3(3): o como fazer a gente vê, realmente, aqui, e acho que aprende 'naturalmente' mesmo. Vai vendo, vai vendo, e de tanto ver acaba que fica memorizado.	Abordagem
Hilda.01-B.t4(2): (...) Geral I, coloca as equações e pede pra balancear e fazer os cálculos. Geral II, vê a parte da termoquímica. Inorgânica, propriedades físicas dos elementos.	Abordagem
Hilda.03-A(2): evolução dos modelos.	Abordagem
Hilda.03-B.t4(2): a gente fica até sem saber o próprio significado dela, e o quanto ela pode representar as coisas e a gente não percebe e não nos foi ensinado o quanto elas podem representar.	Abordagem
Iana.03-A(1): comparação entre modelos atômicos, evolução, pontos fortes e fracos.	Abordagem
Iana.03-A(1): comparação entre modelos atômicos, evolução, pontos fortes e fracos.	Abordagem
Iana.03-A(2): representação de ângulos de ligação, impedimento estérico e outros.	Abordagem
Ana.01-B.t1: Muita!	Dificuldades
Ana.01-B.t10: (...) apresentar a linguagem química. (...) os professores não têm a preocupação de apresentar o que aquilo está significando.	Dificuldades
Ana.01-B.t2: (...) as equações pra mim são a base, entender porque (...) toda simbologia, (...) os detalhezinhos que pra mim não tinham importância e quando a gente vai ver realmente importa.	Dificuldades
Ana.01-B.t3: no ensino médio as dificuldades foram bem maiores porque eu não tive Química. (...) Aqui eu também tive.	Dificuldades
Ana.01-B.t3: no ensino médio as dificuldades foram bem maiores porque eu não tive Química. (...) Aqui eu também tive.	Dificuldades
Bob.01-B.t1: (...) eu não me lembro de ter aprendido isso assim... foi colocado e você vai interpretando.	Dificuldades
Bob.01-B.t3: (...) enxerga como se aquilo estivesse muito distante da gente. Acho que essa é a dificuldade do estudante.	Dificuldades
Bob.01-B.t6: (...) pegar uma coisa pra explicar várias coisas e não faz a conexão entre tudo isso, aí eu acho que isso pode gerar um pouquinho de dificuldade na cabeça do estudante.	Dificuldades
Bob.01-B.t7(2): (...) eles colocam o conteúdo e as pessoas aceitam. Isso que é a dificuldade, as pessoas aceitam.	Dificuldades
Bob.03-B.t3(1): eu tinha dificuldade de enxergar. Você pega uma coisa com outra e mistura. Como é que transpõe para o papel?	Dificuldades
Bob.04-B.t1(2): aí o estudante fica "só muda, né", porque ninguém vai explicar "ah, tá mudando por causa disso...".	Dificuldades

Duda.01-B.t1,2: não. (...) o único empecilho foi (...) quando a professora colocava água no meio (...) e a gente tinha que descobrir se tinha água no início, era pra balancear com as bases e ácidos.	Dificuldades
Duda.01-B.t10(2): a química eu não acho difícil de entender, mas quando envolve a matemática, a física, a questão do texto, do português... aí vai somando probleminhas que dá um problemão, a dificuldade pro estudante.	Dificuldades
Duda.01-B.t11: é mais fácil eles irem enxergando o experimento e fazendo a relação, principalmente se na hora tivesse o passo-a-passo e, depois, a equação.	Dificuldades
Duda.01-B.t13(2): (...) ele vai ter muita dificuldade para associar o que está na bancada para o que vai estar descrito no quadro. Depende, também, de eu falar.	Dificuldades
Edson.01-B.t1(1): na escola, pela falta de professores eu tive uma parte de Química um pouco prejudicada.	Dificuldades
Edson.01-B.t6(1): (...) quando a gente sai da parte prática pra teoria, vai pro quadro, vai discutir o que foi visto na prática, sempre há essa perda de atenção para o professor.	Dificuldades
Edson.01-B.t6(2): (...) meu maior desafio seria fazer essa parte da equação química fazer sentido pros estudantes.	Dificuldades
Edson.01-B.t6(4): (...) é muito difícil você mudar. (...) sair da zona de conforto seria um desafio, uma dificuldade.	Dificuldades
Edson.04-B.t3(2): quando a gente vê na prática eles acham bonito, porque visualmente é uma coisa bonita. Isso chama a atenção de qualquer um, mas quando vai pro quadro tratar da discussão, entrar mesmo no conteúdo, a gente perde muito a atenção dos estudantes porque como eles não veem sentido nestas simbologias e os professores têm dificuldades de trabalhar com isso, essa transição ocorre de maneira problemática.	Dificuldades
Hilda.01-B.t1: Não muita. O que complica é quando acaba caindo [balanceamento] nas fracionárias.	Dificuldades
Hilda.01-B.t3(1): (...) a professora fala hidróxido de sódio, então tem que saber que é NaOH. Às vezes um pouco de dificuldade nisso.	Dificuldades
Hilda.02-B.t5: para que não ocorra essa dificuldade do professor para ensinar isso, eu acho que ele tem que saber bem o que vai trabalhar em cada um desses modelos, para não trazer essa confusão para o estudante.	Dificuldades
Ana.01-B.t4: Como eu participo do PIBID, eu tenho essas discussões, mas também tive disciplinas como a Oficina de Leitura e o Laboratório de Comunicação e Ensino de Química.	Dimensão Prática
Ana.01-B.t4: Como eu participo do PIBID, eu tenho essas discussões, mas também tive disciplinas como a Oficina de Leitura e o Laboratório de Comunicação e Ensino de Química.	Dimensão Prática
Ana.02-B.t1(1): Geral I, Orgânica e Físico-Química I discutiram modelos.	Dimensão Prática
Ana.02-B.t1(2): As demais, acho que falam de modelo porque é o modelo que a gente tem, mas não trabalham esta discussão dos modelos	Dimensão Prática
Ana.02-B.t2(1): Em Geral I teve um levantamento para saber quais as nossas dificuldades.	Dimensão Prática
Ana.02-B.t2(2): Em Físico-Química I fizemos uma atividade de análise do livro didático quanto ao conteúdo que estávamos	Dimensão Prática

trabalhando em sala.	
Ana.02-B.t3: LabCom, Conteúdos, Oficina, Pressupostos. A gente discutiu bastante os modelos.	Dimensão Prática
Bob.02-B.t1: em Analítica não tinha discussão sobre modelo nenhum. Em Inorgânica a gente discutiu muito a questão de Werner, a gente leu os textos da época, como foi que aconteceu para ele desenvolver aquela teoria...	Dimensão Prática
Bob.02-B.t2(1): o que a gente aprende é Química, agora como a gente vai dar no ensino médio, só depois.	Dimensão Prática
Bob.02-B.t2(2): o que muita gente reclama é disso: que a gente aprende a Química, mas ensinar Química...	Dimensão Prática
Bob.02-B.t3: a gente já discutiu muito sobre a parte filosófica em Pressupostos, Conteúdos... cada um com seu conteúdo que estava lá. É discutido sim.	Dimensão Prática
Duda.01-B.t10(1): nunca me imaginei ensinando equação química.	Dimensão Prática
Edson.01-B.t2(2): (...) eu nunca tinha parado pra pensar que ela era uma coisa bem específica da Química, que ali dizia muita coisa que as pessoas que não são químicos, ou não estudem Química, não conseguem perceber.	Dimensão Prática
Hilda.01-B.t4(1): eu acho que sim, vários momentos.	Dimensão Prática
Hilda.02-B.t1(1): os professores dizem que é uma representação, mas eles não dizem para que servem realmente esses modelos.	Dimensão Prática
Ana.04-B.t2(4): o porque que eu tenho que usar a equação, eu não sei dizer.	Visão Ingênua
Ana.04-B.t6(6): eu sei que a gente vê a equação química em tudo, mas eu nunca me perguntei porquê que eu usei a equação. Eu sei que não dá pra explicar sem a equação, mas eu não sei explicar o porquê disso.	Visão Ingênua
Bob.03-B.t1: não sei.	Visão Ingênua
Bob.03-B.t2(1): não sei, só fazendo os cálculos a partir de... não sei.	Visão Ingênua
Duda.01-B.t9: (...) essa questão nunca foi aprofundada.	Visão Ingênua
Hilda.02-B.t3(1): eu não sei. Eu não sei explicar direito isso.	Visão Ingênua
Hilda.03-B.t4(1): eu não sei dizer. Acho que nunca pensei nisso.	Visão Ingênua
Hilda.03-B.t4(2): a gente fica até sem saber o próprio significado dela, e o quanto ela pode representar as coisas e a gente não percebe e não nos foi ensinado o quanto elas podem representar.	Visão Ingênua