UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

MAURITZ GREGÓRIO DE VRIES

Dissertação de mestrado

**A IMPORTÂNCIA DE DIFERENTES MEDIADORES NA
ELABORAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE MODELOS DA
ESTRUTURA E TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA**

Versão corrigida

São Paulo

2017

MAURITZ GREGÓRIO DE VRIES

A IMPORTÂNCIA DE DIFERENTES MEDIADORES NA
ELABORAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE MODELOS DA
ESTRUTURA E TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre em Educação

Área de concentração: Educação científica, matemática e tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Arroio

São Paulo

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.22 Vries, Mauritz Gregório de
V982i A importância de diferentes mediadores na elaboração e representação de modelos da estrutura e transformação da matéria / Mauritz Gregório de Vries; orientação Agnaldo Arroio. São Paulo: s.n., 2017.
157 p. ils.; grafs.; tabs.; apêndice

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação.
Área de Concentração: Educação científica, matemática e tecnológica) - -
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Ensino de Ciências 2. Ensino de Química 3. Modelagem 4.
Socioconstrutivismo 5. Estrutura e transformação da matéria 6. Mediadores
I. Arroio, Agnaldo, orient.

Nome: VRIES, Mauritz Gregório

Título: A importância de diferentes mediadores na elaboração e representação de modelos da estrutura e transformação da matéria

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino.

Área de concentração: Educação científica, matemática e tecnológica.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Orientador: Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família, que desde sempre colocou a minha educação como prioridade e pela sua total confiança em minhas decisões. Aos meus pais, minha avó Margot e minha irmã meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador, Professor Doutor Agnaldo Arroio, por me acompanhar desde a iniciação científica, mostrando quão desafiador e importante é a área de ensino de ciências e por sempre apoiar na criação de projetos, acesso a bolsas e auxílios para congressos científicos da área, que tanto foram importantes para o meu vínculo com a pesquisa em ensino de ciências.

Às professoras doutoras Daisy de Brito Rezende e Simone Martorano pelas contribuições à minha pesquisa no meu exame de qualificação.

Aos meus amigos e colegas que me acompanharam durante o mestrado, em especial à Celeste Ferreira, quem contribuiu, sobretudo no início de minha formação na pesquisa, tanto diretamente na escrita conjunta de trabalhos, como indiretamente pelas excelentes referências que sempre foram seus trabalhos acadêmicos, Renata Rosenthal, Solange Locatelli, Tânia Vargas, Danilo Pinto, Claudia Ayres, Dirceu Donizetti, Elaine Colagrande, Valéria Campos e Flávia Vasconcelos.

A todos meus amigos, em especial à Carina, Thabata, Alexandre Saito, Gabriel Septon, Eli, Stefhanie, Halinne, Alexandre Redondo e Paula Sayuri por todo companheirismo e apoio em todos os momentos, ainda que distantes.

À minha companheira Fernanda, por seu total carinho, paciência e companheirismo.

Aos queridos professores da Escola da Vila, em especial do Ensino Médio, companheiros e profissionais incríveis a quem tenho como importante referência, em especial ao Divino Marroquini, pelas grandes contribuições à minha formação.

A todos os alunos participantes da pesquisa, tanto do estudo piloto quanto final.

À Sra. Ana Paula Almeida (querida Paulinha) e Sr. Dalmo de Almeida pelo incondicional apoio em um momento tão crítico do meu percurso, sem vocês nada disso seria possível.

Ao Instituto de Química e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo e à Escola da Vila.

RESUMO

VRIES, M. G. A importância de diferentes mediadores na elaboração e representação de modelos da estrutura e transformação da matéria. 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Nessa pesquisa planejamos, aplicamos e analisamos uma sequência didática sobre a estrutura e transformação da matéria baseada em elementos da modelagem no ensino de ciências. Os principais objetivos foram o de descrever os principais suportes oferecidos aos estudantes e analisar como estes foram utilizados, além de investigar as principais dinâmicas de interação social concretizadas na intervenção, que os permitissem participar ativamente do processo de construção e expressão de modelos. A questão central é a de compreender como os indivíduos são capazes de se apropriarem de uma determinada ferramenta cultural, em outras palavras, quais dinâmicas e ajudas são necessárias para uma ferramenta existente em plano social ser dominada em plano individual; em nosso caso, os modelos científicos sobre a estrutura e transformação da matéria. Focamos nossa análise em três aulas de modelagem nas quais a dinâmica principal tratou-se justamente da construção e representação de modelos em nível submicro e simbólico de diversos sistemas, após a experiência prévia com cinco transformações em situação de aula experimental. Os sistemas modelados trataram-se da matéria em repouso e de transformações físicas e químicas, somando um total de 09 atividades. Realizamos um estudo piloto e uma intervenção final, sendo esta última aplicada com três turmas de 1º ano do ensino médio de uma escola particular da cidade de São Paulo no ano de 2016 (n=84), no qual o pesquisador era o próprio professor das turmas. Recorremos à análise dos dados o referencial de pesquisa qualitativa, de caráter interpretativo, na qual dispomos de diferentes instrumentos de coletas de dados com o propósito de realizar a triangulação entre os mesmos, sendo estes as produções dos estudantes, as observações diretas da intervenção e entrevista com onze alunos. A sequência do conteúdo; as orientações do professor para a execução das atividades; a interação direta do professor com os estudantes; a importância da socialização das atividades em grupos de diferentes tamanhos, sobretudo às interações entre as duplas formadas pelos pares; as dinâmicas de interação social e negociação de significados promovida e potencializada pela proposta de modelagem; as negociações de significados realizadas a partir das produções dos estudantes e a visualização dos vídeos de experimentos realizados previamente foram identificados como os suportes e dinâmicas mais importantes para a proposta de modelagem e, portanto, são apresentados e discutidos nessa pesquisa. As produções dos estudantes foram, entretanto, consideradas tanto o produto como mediadores centrais que possibilitaram a construção e reconstrução do conhecimento. Pudemos, assim, sistematizar elementos que possibilitem e encorajem trazer ao espaço comum da sala de aula as atividades de modelagem, caracterizadas por promover o protagonismo dos alunos e incentivar a exposição e negociações de significados em plano social.

Palavras-chave: Ensino de Ciências, Ensino de Química, Modelagem, Sociocostrutivismo, Estrutura e transformação da matéria, Mediadores.

ABSTRACT

VRIES, M. G. The importance of different mediators in modelling activities about the structure and transformation of matter. 2017. 157 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

In this study, we planned, applied and analysed a matter's structure and transformation didactic sequence supported by modelling elements. The main goals were to describe the main supports offered to students and analyse how they were used. We also investigated the fundamental social interaction dynamics implicated on this intervention. The central issue is to understand how individuals are capable to internalize one specific cultural tool, in the others words, what dynamics and supports are necessary to a cultural tool existing in social plan to be mastered in individual plan, in our case, matter's structure and transformation scientific models. We focused our analysis into three classes with the main dynamic of model construction and representation in submicro and symbolic level. These activities were carried out after five previously experiences with the students. The modelled systems were matter in resting state and chemistry and physic transformations, totalling 9 activities. We carried out pilot study in 2015 and a final study in 2016 with three high-school (freshman year) classes, 15 year-old students in average (n=84), in a private institution localized in São Paulo, Brazil. The researcher was also the teacher were in both studies. We used the qualitative research reference, with an interpretative character and different data instruments with the purpose of triangulation between them. These data were student representations, the direct observation and an interview carried out with 11 students. We concluded that the content sequence, the teacher's guidelines for the execution of activities, a direct interaction between teacher and students, the socialization in different size groups, especially interactions between pairs, the dynamics of social interaction and meanings negotiation promoted and potentialized by model proposal; the meaning negotiations started by the individual representations and the visualization of videos with experiment content were the main mediators. The students activities were considered both the product as the central mediators that made possible the construction and reconstruction of knowledge. Thus, we could systematize elements that will allow and encourage bringing to the classroom common space modelling activities, characterized by promoting students to be protagonist and encouraging the exposition and negotiations of meanings in a social plan.

Key-words: Science Teaching, Chemistry Teaching, Modelling, Social Constructivism, Matter's Structure and Transformation, Mediators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação em tripleto (triádica) entre os níveis de representação sugerida por Gilbert & Treagust (2009) – figura nossa.	21
Figura 2 - Modelo de modelagem proposto por Justi (2006).	32
Figura 3 - Adaptação realizada sobre o modelo de modelagem proposto por Justi & Gilbert (2002b) citado por Justi (2006)	36
Figura 4 – Frame do vídeo do experimento da sublimação e ressublimação do iodo	55
Figura 5 - Frame do vídeo do experimento da reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio	55
Figura 6 - Frame do vídeo do experimento da decomposição do dicromato de amônio.....	57
Figura 7 - Frame do vídeo do experimento da desidratação e reidratação do sulfato de cobre.....	57
Figura 8 - Frame do vídeo do experimento da deposição de prata em cobre	58
Figura 9 - Página "Modelagem das transformações - parte 1" do portal LABIQ	61
Figura 10 - Taxa de entrega em relação a cada atividade após os três dias de atividade (n=84)	65
Figura 11 - Exemplo de produção da atividade 1	66
Figura 12 - Exemplo de produção da atividade 2	66
Figura 13 - Exemplo de produção da atividade 3	67
Figura 14 - Exemplo de produção da atividade 4.....	68
Figura 15 - Exemplo de produção da atividade 5	69
Figura 16 - Exemplo de produção da atividade 6.....	70
Figura 17 - Exemplo de produção da atividade 7	71
Figura 18 - Exemplo de produção da atividade 8.....	72
Figura 19 - Exemplo de produção da atividade 9	73
Figura 20 - Percentual de nível de representação apresentado em função de cada atividade proposta	74
Figura 21 - Taxa de atividades entregues que apresentam "conservação qualitativa da matéria"	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelos: status epistemológicos e modos representativos	25
Quadro 2 - Descrição da etapa "Ter experiências com o objeto a modelar"	34
Quadro 3 - Descrição da etapa "Definir os objetivos"	34
Quadro 4 - Descrição da etapa "Selecionar a origem do modelo"	34
Quadro 5 - Descrição da etapa "Elaborar um modelo mental"	34
Quadro 6 - Descrição da etapa "Expressar-se usando algumas das formas (ou modos) de representação"	35
Quadro 7 - Descrição da etapa "Realizar experimentos mentais"	35
Quadro 8 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, representou somente o nível macro"	45
Quadro 9 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro"	45
Quadro 10 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro"	46
Quadro 11 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo"	46
Quadro 12 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria"	47
Quadro 13 - Síntese da aula de modelagem 1	53
Quadro 14 - Síntese da aula de modelagem 2	54
Quadro 15 - Síntese da aula de modelagem 3	56
Quadro 16 - Número total de entregas (n=84)	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	17
3 MODELOS CIENTÍFICOS E AS SUAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO	19
3.1 Dimensões do conhecimento químico	19
3.2 Concepções epistemológicas	21
3.2.1 Modelos.....	22
3.2.2 Modelos e representações.....	24
3.3 Representação à luz da semiótica	26
3.3.1 Considerações sobre as representações imagéticas	27
3.4 Competências representacionais	29
4 MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS	31
5 ABORDAGEM SOCIOCULTURAL	37
5.1 Funções primárias e funções superiores: o papel das ferramentas culturais.....	37
5.2 O acesso às ferramentas culturais	38
5.3 Dinâmicas e mediadores envolvidos.....	39
5.4 Modelos científicos como ferramentas culturais	40
6 METODOLOGIA.....	43
6.1 Pesquisa qualitativa.....	43
6.2 Coleta de dados	44
6.2.1 Atividades de modelagem dos estudantes	44
6.2.2 Observação	47
6.2.3 Entrevista semiestruturada	48
6.3 Caracterização da instituição e da turma	49
6.4 Descrição da intervenção	50
6.6 Estudo piloto	59
7 RESULTADOS	64
7.1 Análise de produção das atividades	64
7.1.1 Execução da atividade.....	64

7.1.2 Análises dos níveis de representação empregados e da conservação qualitativa das representações	65
7.2 Observações em campo.....	76
7.3 Entrevistas.....	78
7.3.1 Categoria 1: Experiências prévias	78
7.3.2 Categoria 2: Clareza do objetivo e percepções sobre as facilidades e dificuldades	81
7.3.3 Categoria 3: Papeis da atividade de modelagem.....	85
7.3.4 Categoria 4: Importância da realização da atividade em dupla.....	93
7.3.5 Categoria 5: Importância da visualização dos vídeos dos experimentos	98
8 DISCUSSÃO	105
9 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÃO DE ESTUDO.....	113
10 BIBLIOGRAFIA	118
APÊNDICE A.....	123
APÊNDICE B.....	128
APÊNDICE C	134
APÊNDICE D.....	137
APÊNDICE E	138

1 INTRODUÇÃO

A continuidade/descontinuidade da matéria trata-se de uma estrutura conceitual básica no ensino de Química (Pozo et al, 1991). O entendimento da temática é central para a construção de explicações sobre a estrutura da matéria e suas transformações físicas e químicas. Os autores apresentam uma revisão da literatura sobre as dificuldades que os alunos de diferentes idades têm com o conceito de matéria descontínua nos ambientes escolares, de modo que foram capazes de sistematizar uma longa e detalhada lista de concepções alternativas sobre o mesmo. Relatamos duas observações importantes: não encontraram diferenças relevantes entre os estudantes que foram instruídos sobre o tema e aqueles que não, especialmente com os mais jovens; não encontraram resultados de que uma vez entendido o tema os estudantes sejam capazes de transpô-lo para outras tarefas. Dessa maneira, identificamos a existência de uma grande dificuldade na aprendizagem do conceito e nesse trabalho abordaremos parte da natureza dessa questão, através de discussões sobre as dimensões do conhecimento químico e a construção do conhecimento segundo a perspectiva sociocultural.

Zabala (2002) defende a necessidade de assumirmos um enfoque globalizador na organização do ensino. Segundo o autor, a função primordial do sistema educativo é a de desenvolver todas as capacidades da pessoa para que esta possa dar respostas aos problemas que a vida em sociedade impõe. Portanto, o objeto de estudo da escola deve ser a realidade, a qual deve ser compreendida a partir de instrumentos cognoscitivos, facilitando que sejam feitas intervenções. O enfoque globalizador é um modo de conceber o ensino, em que os problemas reais devem ser vistos a partir de toda sua complexidade para que se possa atuar em meio a eles. Neste, são necessários instrumentos de conhecimento que sejam capazes de relacioná-los, integrá-los, simplificá-los, para que os alunos desenvolvam e conheçam o alcance de suas propostas de resolução. Apesar de tal enfoque se desenvolver de modo mais expressivo em métodos globalizados, para o autor é possível e necessário apresentá-lo em outros modos de organização de conteúdos, como em disciplinas fragmentadas, por ser uma forma e atitude pela qual nos aproximamos do fato educativo. Esta última categoria é aquela em que a maioria das escolas brasileira se encontram.

Considerando a Química uma ciência inserida no processo de acessar os problemas do mundo com seus próprios instrumentos cognoscitivos, necessitamos encontrar meios que apresentem relevância em uma perspectiva educacional para cumprir tal objetivo. Podemos

assumir, nesse sentido, que compreender o universo químico envolve ser capaz de transitar em diferentes modos de representação, o macroscópico (fenômenos observáveis), submicroscópico (universo dos átomos, íons, moléculas, entre outros) e representacional (símbolos, fórmulas químicas, equações, gráficos entre outros) (Johnstone, 1993). Tentar compreender os níveis de representação da Química trata-se de um objeto de estudo de diversos pesquisadores da área de Ensino de Química, sendo que muitos se baseiam em relações triádicas para interpretar os complexos processos de significação (Wartha & Rezende, 2011). Mortimer, Machado & Romanelli (2000) consideram, por exemplo, que seja importante distinguir três aspectos do conhecimento químico: fenomenológico, teórico e representacional.

Fenomenológico: fenômenos concretos, sejam estes de acesso direto ou indireto, que ocorrem dentro de laboratório ou em ambientes naturais e sociais. Tal abordagem pode contribuir para promover habilidades como controlar variáveis, medir, analisar resultados, entre outros.

Teórico: relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular, portanto, explicações baseadas em modelos abstratos e que incluem entidades não diretamente perceptíveis: átomos, moléculas, íons, entre outros.

Representacional: “Os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto representacional, que compreende informações inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas” (p. 277).

Os autores apontam que os currículos tradicionais de Química vêm enfatizando os aspectos representacionais, o que tem favorecido uma concepção realística ingênua desse nível de representação por parte dos estudantes. Profissionais de Química mais experientes, como professores e pesquisadores da área, apresentam uma capacidade de associar fenômenos macroscópicos às mais diversas formas de representação social da Química, enquanto alunos iniciantes costumam apresentar sérias dificuldades a respeito desses aspectos (Kozma & Russell, 2007), mostrando-se necessário repensarmos, portanto, como abordar a questão, ou seja, como planejar um ensino de Química no qual os diferentes níveis de representação são utilizados pelos estudantes para explicar um determinado fenômeno.

Uma questão importante que se coloca nesse contexto de investigação é a de que nós acessamos o mundo de um modo indireto, mediado. Consideramos que para acessarmos e

transitarmos entre os diferentes níveis de representação, precisamos compreender o papel que desempenha uma importante ferramenta mediadora: os modelos científicos. Estes são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência (Nersessian, 1999 apud Ferreira & Justi, 2008). A concepção de modelos mais recorrente nos trabalhos acerca do ensino de Ciências é a de que sejam representações simplificadas da realidade, seja de um objeto, fenômeno ou processo (Santos, 2001; Greca & Santos, 2005; Jong, van Driel & Verloop, 2005; Sangiogo & Zanon, 2012) e têm como objetivo tornar mais simples a visualização, fundamentar a elaboração de novas tarefas e possibilitar as explicações e previsões (Ferreira & Justi, 2008). As autoras argumentam que um modelo não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta. Defendem ainda que trazer à tona a discussão dessa impossibilidade de apreendermos a “verdade”, que lidamos com um universo de modelos, é um conhecimento que pode instigar e motivar os alunos. Entretanto, é algo do qual eles são geralmente privados, pois o conhecimento científico costuma ser apresentado como mais um conteúdo, ocultando a emoção, motivação e a busca daqueles que desenvolveram os conhecimentos que lhe são apresentados de maneira imutável. É possível inferir, portanto, que se essas práticas forem inseridas no ambiente de sala de aula, transformarão todo esse universo de conhecimento duvidoso em um estímulo à vontade de descoberta, aproximando o ensino de uma concepção mais clara do processo científico da construção de conhecimento.

Desse modo, concluímos que introduzir atividades que proporcionem o protagonismo dos alunos e incentivem a exposição e negociações de significados são fundamentais diante dessa concepção, devendo ser planejadas e incluídas em diversos momentos do currículo. Uma abordagem prática que contempla tais perspectivas contemporâneas de ensino e aprendizagem trata-se justamente de atividades de construção, expressão, testes e uso de modelos, permitindo que a aprendizagem de ciências seja mais significativa e consistente (Paganini, Justi & Mozzer, 2014). Justi (2006) defende uma proposta de ensino escolar de ciências baseada na elaboração de modelos, descrita com maior profundidade no desenvolvimento desse trabalho. Uma síntese dos argumentos que justificam sua abordagem explícita no ensino são que esta teria a potencialidade de contribuir com os seguintes objetivos:

- aprender ciências, os alunos devem ter conhecimento sobre a natureza, âmbito de aplicação e limitação dos principais modelos científicos consensuais e históricos;
- aprender sobre ciências, os alunos devem compreender adequadamente a natureza dos modelos e serem capazes de avaliar o papel dos mesmos no desenvolvimento e difusão dos resultados de investigação;
- aprender a fazer ciências, os alunos devem ser capazes de criar, expressar e comprovar seus próprios modelos (Justi & Gilbert, 2002a).

Ainda que a autora não sustente a existência de uma regra específica no processo, sistematiza alguns elementos básicos: (i) ter experiência com o objeto, (ii) construir um modelo mental com objetivos específicos, (iii) expressar o modelo socialmente, (iv) testá-lo mentalmente ou empiricamente. A modelagem no ensino de ciências trate-se de uma linha de pesquisa relativamente recente, entretanto, o seu grupo vem alcançando bons resultados, identificando que alunos que participaram de atividades baseadas na construção e expressão de modelos, de modo geral, têm desenvolvido uma compreensão ampla de conceitos, da natureza e utilização de modelos, além de propiciar o aumento da participação ativa (protagonismo) dos alunos em sala de aula (Justi, 2006).

Para fundamentar a construção das atividades de modelagem nos apoiamos sobre o referencial sociocultural, uma vez que os processos sociais de comunicação, mediados por ferramentas culturais diversas, tratam-se de uma dinâmica fundamental para a construção e representação dos modelos sobre a estrutura e transformação da matéria. Como defende Vigotski e seguidores, o desenvolvimento do verdadeiro conceito, tal como qualquer função psicológica superior, começa por ser social e, só depois, é que aparece no plano psicológico (Ferreira, 2010). A ação mediada por ferramentas é defendida por Wertsch como a unidade de análise mais apropriada para os estudos da consciência. As ferramentas culturais, por estarem inerentemente situadas nos contextos cultural, histórico e institucional, quando combinadas com o agente, produzem uma vigorosa unidade de análise (Giordan, 2007). Dois fenômenos são de grande importância para a nossa pesquisa nessa conjectura: a internalização e a zona de desenvolvimento próximo. Estes nos fornecem os principais caminhos pelos quais os sujeitos constroem, por interação social e mediação semiótica, o conhecimento. Os processos sociais dos quais os alunos participam durante as atividades são os denominados “interpsicológicos”, situações de indivíduos envolvidos diretamente em interações sociais em pequenos grupos, em geral duplas. Os eventos sociais, os quais Vigotski analisou preponderantemente, foram

justamente esses de pequenos grupos, ainda que também tenha trabalhado com interações mais amplas, como, por exemplo, os processos institucionais sociais (Wertsch, 1985).

Trabalhar com a concepção descontínua da matéria sempre trouxe grandes desafios àqueles que buscam compreendê-la e ensiná-la. Este nível de conhecimento não é tangível aos nossos sentidos e o modo de pensar abstrato traz diversas dificuldades de ensino e aprendizagem que culminam normalmente em um ensino de Ciências muito superficial. Buscamos definir, portanto, uma estratégia pedagógica baseada em nossos pressupostos teóricos que suportasse a construção desse conceito em um espaço de ensino formal. Em 2015, foi realizada uma intervenção piloto com uma turma do 1º ano do ensino médio em uma escola particular da cidade de São Paulo (n=85). Nessa, propusemos a construção e expressão de modelos sobre a estrutura da matéria e de suas transformações físicas e químicas sendo fornecidos diversos “suportes”, ou mediadores como definimos atualmente, para a sua realização. A princípio, tínhamos como intenção investigar as relações dos processos de modelagem com as habilidades de visualização. Entretanto, após a coleta de dados e discussão com o grupo de pesquisa, observamos que havia uma etapa riquíssima a ser analisada com maior profundidade, justamente entre os pontos (ii) e (iii) do modelo de modelagem: o processo de construção do modelo mental seguido da sua expressão social, em nosso caso modelos sobre a estrutura da matéria e suas transformações em nível submicro. Consideramos, desse modo, proveitoso realizar uma nova intervenção, com algumas mudanças, sobretudo na coleta de dados, de modo que pudemos direcionar nossa atenção justamente aos fatores que possibilitaram os alunos se envolverem com a atividade e produzir seus modelos sobre o objeto de estudo relacionado à estrutura e transformação da matéria em nível atômico. Esta foi realizada com uma nova turma de 1º ano de ensino médio na mesma instituição, no ano de 2016 (n=84).

O nosso pressuposto norteador é o de que para se trabalhar com o ensino da estrutura e transformação da matéria em nível submicro seja necessário engajar os estudantes em processos sociais de comunicação, suportados, sobretudo, pelo uso e comunicação de modelos científicos, uma vez que a construção conceitual origina-se em plano social em atividades mediadas por ferramentas culturais. O nosso objetivo central é o de analisar quais e como os mediadores envolvidos, em outras palavras os suportes oferecidos, influenciaram nas atividades de produção e expressão de modelos sobre a estrutura e transformação da matéria, de modo a poder construir algumas generalizações sobre como o professor deva planejar

atividades de modelagem no ensino de ciências que promovam o protagonismo e, portanto, a autonomia dos estudantes diante dessa produção.

2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

As atividades de ensino de ciências baseadas na construção e expressão de modelos, denominadas modelagem, são um campo de pesquisa relativamente recente, sendo poucas as investigações em ensino de ciências que buscam descrever como se trabalhar com estas no espaço comum da sala de aula (Justi, 2006). Portanto, o nosso objetivo geral é o de colaborar com a pesquisa e a prática docente com um volume maior de experiência e análise crítica da questão, pois encaramos que essa dinâmica apresenta como característica central o encorajamento do protagonismo dos estudantes, por meio de contínuas situações de interação social, mediada por ferramentas semióticas diversas, o que permite, de modo geral, o acesso a diferentes tipos de ajudas e diferentes níveis de desafios, aspectos que costumamos buscar tornar presentes em nossa sala de aula, com o objetivo de descentralizar a figura do professor como detentor de conhecimento e evitar a simples “transmissão” de conteúdo.

Nesse sentido, é apresentada nessa pesquisa uma intervenção na qual propôs-se aos estudantes de três turmas de 1º ano do ensino médio de uma escola particular de São Paulo a modelagem da estrutura e transformação da matéria em nível submicro, envolvendo a transição com níveis macro e simbólicos. Diversos são os aspectos que podem ser investigados da mesma e o nosso recorte definido tratou-se de buscar compreender quais são os suportes e as dinâmicas mais importantes de se oferecer aos estudantes para que estes consigam se envolver no processo produção e expressão de seus modelos, segundo a perspectiva sociocultural, engajarem-se em atividades comunicativas pelo uso de uma ferramenta cultural científica. Esses suportes e dinâmicas serão denominados mediadores. Desse modo, temos três objetivos específicos:

- Identificar quais foram os mediadores mais importantes para o desenvolvimento da atividade.
- Descrever como esses desempenham a sua função, pois uma compreensão mais profunda dos meios permite uma maior flexibilidade e melhorias de seu uso.
- Compreender as dinâmicas de interação social nas quais esses são inseridos.

O conceito científico envolvido em nossa intervenção é o da estrutura e transformações da matéria, sendo, portanto, sobre este tema que nossas conclusões apresentam maior especificidade. Por outro lado, buscaremos, também, construir

generalizações sobre o processo de modelagem no ensino de ciências sob uma perspectiva sociocultural.

3 MODELOS CIENTÍFICOS E AS SUAS FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

3.1 Dimensões do conhecimento químico

A química é uma ciência que a todo o momento busca justificar os fenômenos macroscópicos com aquilo que está acontecendo no campo do imperceptível. Esse nível de conhecimento é um construto teórico resultante da moderna unificação do conhecimento químico teórico e experimental (Hoffman & Laszlo, 1991). Esse processo demanda o emprego de diferentes tipos de linguagem de modo dinâmico e evolutivo. Observa-se na literatura, entretanto, o uso de uma grande variável de termos para definir as diferentes dimensões que compõem esse conhecimento. Há mais de 30 anos, Alex Johnstone destacou diferentes níveis de pensamento e de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química em seu artigo “Macro and micro-chemistry” (Johnstone, 1982), o qual ainda vem sendo utilizado e adaptado pelos pesquisadores de ensino de Química (Wartha & Rezende, 2011). Gilbert & Treagust (2009) apresentam uma revisão bibliográfica sobre o assunto no livro “Multiple Representations in Chemical Education” a qual consideramos oportuna e necessária de ser apresentada para podermos delimitar a terminologia e as dimensões do conhecimento em química que utilizaremos nessa investigação, apesar de considerar que nossa compreensão sobre a questão é fruto da contribuição de diversos outros trabalhos da área, como aqueles apontados na introdução.

O conhecimento químico é formado por três tipos (ou níveis, termo que usaremos majoritariamente) de representação (ibid), debatidos a seguir.

1º: Fenomenológico

Este se refere ao conhecimento que acessamos diretamente com os nossos sentidos e medimos com instrumentos diversos. Algumas propriedades, que somos capazes de acessar nesse nível, são: massa, volume, temperatura, cor, concentração, entre outros. Um aspecto muito importante a se considerar é que trabalhamos, seja em ambiente de produção científica ou de ensino, com fenômenos “exemplares”, ou seja: ou realizamos experimentos bastante controlados em condições desejadas ou olhamos para fenômenos naturais a partir de um recorte pré-estabelecido. Esses aspectos contribuem a compreender por que o fenomenológico é considerado um nível de representação e não como aspectos da realidade comum a todos os indivíduos.

2º: Modelos

Trata-se de um modo de conceber explicações para os fenômenos em um nível imperceptível aos nossos sentidos. Neste são criadas entidades, tais como átomos, moléculas, elétrons, prótons, nêutrons, íons, radicais, entre outros, que são usados para prever ou explicar os aspectos fenomenológicos. Apesar de imperceptíveis aos nossos sentidos, sobretudo o visual, costumamos representá-los justamente por esse aspecto das mais variadas maneiras, em modelos concretos 3D, imagens estáticas e dinâmicas 2D e 3D, simulações, animações, softwares interativos, entre outros (Ferreira e Arroio, 2009).

3º: Simbólico

Este trata dos símbolos que utilizamos para representar elementos, cargas elétricas, estados físicos de substâncias, coeficientes estequiométricos, ou seja, tem um uso muito presente nas equações químicas, mas também de maneira mais isolada quando para simbolizar uma substância ou elemento em outro contexto. É importante lembrar que seu uso, como nas condições apresentadas anteriormente, refere-se tanto ao nível fenomenológico (por exemplo, em equações químicas em que identificamos os nomes ou fórmulas das substâncias que reagem ou mesmo para indicar que mudam de estado físico) quanto ao nível de modelos (por exemplo, em equações de ionização ou equações químicas utilizando as fórmulas químicas das substâncias).

Os autores sistematizaram que, na literatura, os termos mais comuns referentes ao primeiro tipo são: nível macro e nível ou mundo macroscópico; quanto ao segundo nível sub-micro, nível microscópico, nível submicro, nível molecular, nível atômico, entre outros. Por fim, o terceiro encontra-se como nível ou mundo simbólico, química representacional, sistema algébrico, entre outros. As terminologias sugeridas por eles, e adotada por nós nessa pesquisa, são respectivamente: macro, submicro e simbólico. Defendem, ainda, a relação entre cada um dos níveis de representação de maneira triádica (relação triplete), como tradicionalmente encontrada na literatura. Apresentamos um possível esquema dessa relação na figura 1.

Figura 1- Relação em triplete (triádica) entre os níveis de representação sugerida por Gilbert & Treagust (2009) – figura nossa.

3.2 Concepções epistemológicas

Defendemos que o conhecimento científico, bem como as suas diversas formas de representação, são frutos de um processo socialmente negociado. Desse modo, consideramos importante apresentar uma discussão sobre questões epistemológicas a respeito da natureza do conhecimento científico para que evitemos apresentar concepções equivocadas sobre o mesmo, em especial sobre a relação aos modelos científicos e de suas formas representativas.

Uma das questões centrais que devem ser abordadas com o objetivo de alcançar uma efetiva melhora no ensino é a valorização docente. Cada vez mais se identifica o complexo conjunto de competências necessárias para que esse profissional seja capaz de fundamentar e orientar suas práticas frente às problemáticas encontradas nos ambientes de ensino/aprendizagem. Esta valorização profissional passa, também, pelo estudo do conhecimento que influencia a sua ação prática e da forma como este conhecimento se desenvolve ao longo da sua carreira (Maldaner, 2000). Segundo o autor, as práticas docentes são, em parte, influenciadas pelas concepções epistemológicas que estes profissionais apresentam e constata-se que muitos estão influenciados por concepções positivistas e empírico-indutivistas. Essas concepções ou crenças os levam a apresentar a ciência como produtora de verdades absolutas, resistente a mudanças e questionamentos. Portanto, possuem como meta principal transmitir o conteúdo e estimular a reprodução correta por parte dos estudantes. Podemos presumir que muitos alunos construirão uma concepção epistemológica de ciência semelhante, o que poderá gerar prejuízos tanto à aprendizagem conceitual quanto às suas percepções de como se desenvolve essa área de conhecimento humano. Consideramos a concepção de que a ciência começa a evoluir a partir da observação rigorosa e neutra dos fenômenos pelo observador, tratando-se de uma forma segura e objetiva de produção do

conhecimento, não é condizente com as formas de produção científica atuais. Isto porque a observação dos fenômenos é orientada por teorias que lhes fornecem sustentação e que, por sua vez, constituem-se por generalizações simbólicas validadas em um determinado momento e contexto histórico. As concepções epistemológicas equivocadas acabam por prejudicar seriamente as práticas educacionais dos docentes, inflexibilizando seu planejamento e atuação.

Tal discussão mostra-se fundamental para se compreender a natureza da construção do conhecimento em todos os seus níveis de representação: macro, submicro e simbólico. A Química apresenta desafios específicos com o ensino/aprendizagem do nível submicro, em que os modelos são forjados com a intenção de explicar os fenômenos observáveis. Uma melhor compreensão da natureza destes é um caminho importante para se melhorar a atuação do docente e a aprendizagem em todos os níveis educacionais.

3.2.1 Modelos

O principal valor da ciência é a de ser um modo de entender o mundo (Justi & van Driel, 2005). Este acesso não é realizado de modo direto, mas sim através das diversas ferramentas culturais desenvolvidas pela humanidade. Sendo assim, os objetos da ciência não são os fenômenos da natureza, mas construções desenvolvidas pela comunidade científica para interpretá-la (Driver et al, 1999). A nosso ver, essa concepção é determinante para se pensar como ensinar ciências, uma vez que é impossível, por exemplo, que os alunos descubram sozinhos a partir da racionalidade, por mais avançada que esta seja, os conceitos científicos. Isso, porque eles não estão para ser descobertos na natureza, mas foram criados socialmente por uma comunidade específica, resultando em produtos culturais.

Justi (2006) defende que uma das maneiras de definir a ciência é a de esta ser encarada como um processo de construção de modelos com distintas capacidades de previsão. Tais características possuem importantes implicações no ensino de ciências, entretanto, inclusive professores em formação e em atuação apresentam concepções ingênuas sobre a natureza do conhecimento e de suas formas representativas (Ferreira, Baptista & Arroio, 2011; Vries, Ferreira & Arroio, 2014).

No dia a dia, o termo “modelo” é encarado como representação concreta de algo, objetos que reproduzem aspectos visuais fidedignos daquilo que está a ser representado ou são

uma cópia da realidade em diferentes escalas (objetos, acontecimentos, processos ou sistemas) (Justi, 2006). Já os modelos científicos surgem quando cientistas ao estudar um fenômeno realizam um recorte deste, definindo quais são as questões mais relevantes. Por exemplo, químicos preferem trabalhar com soluções de uma substância pura do que com a mistura em que esta seria encontrada na Natureza (Gilbert, 2005). Isso é importante para construir explicações de fundamentos básicos e realizar previsões acerca do sistema. São escolhidas para auxiliar na formação de visualizações (percepção visual) do nível macro. Entretanto, modelos científicos adquirem uma importância ainda maior quando a sua construção é feita com o intuito de explicar fenômenos no campo submicro. Eles são uma idealização da realidade como é imaginada, baseado em abstrações da teoria, produzidos de maneira que as comparações com a realidade sejam coerentes. É importante apontar que a sua produção está sempre sujeita a alterações, sendo que, justamente, uma das principais práticas das deduções científicas trava-se no constante processo de produção e revisão de modelos denominado modelagem (Justi & van Driel, 2005).

Essas considerações a respeito do conceito de modelo evidenciam diversas características da produção do conhecimento e podem desmistificar concepções de senso comum que influenciam os estudantes iniciantes em ciências. Percebemos um longo processo humano na construção do conhecimento, dependente da validação de uma comunidade, em que há presença constante de subjetividade, condicionado, ainda, pela linguagem empregada.

De acordo com Gilbert (2005) os modelos podem alcançar uma larga diversidade de status epistemológicos, sendo estes:

- modelos mentais: representação pessoal formada pelo indivíduo;
- modelos expressos: versão do modelo mental colocada no domínio público;
- modelos consensuais: versão de um modelo mental para um pequeno grupo, para determinado fim, como em uma sala de aula;
- modelos científicos: modelo produzido, aceito e validado por um grupo social de cientistas de uma determinada área;
- modelos históricos: modelo científico substituído, embora ainda seja aceito para determinados propósitos, por exemplo, o modelo atômico de Bohr;
- modelos curriculares: versões simplificadas de modelos históricos ou científico escolares;

- modelos escolares: modelos criados para dar suporte aos modelos curriculares, por exemplo, o sistema solar como analogia para o modelo atômico.

3.2.2 Modelos e representações

É comum se referir às representações de átomos, moléculas, cristais iônicos, entre outros, como “modelos”. Consideramos, entretanto, que seja importante distinguir os modelos e as representações, uma vez que os modelos são construtos teóricos, ferramentas culturais, que podem ser representados por uma grande diversidade de formas semióticas. Por outro lado, é visível, justamente, a existência de uma inter-relação bastante importante entre os modelos e formas específicas de representação, de modo que a linguagem empregada molda o nosso pensamento, uma relação reconhecida por diversos trabalhos de autores da área de ensino de ciências, alguns citados a seguir.

Os modelos e as representações estão inter-relacionados já em suas sínteses. É a partir das representações que cientistas deduzem e produzem conhecimento (Justi & van Driel, 2005). Em uma análise histórica, Kosma & Russel (2007) defendem que sempre houve uma forte relação entre a compreensão química dos fenômenos químicos e as representações externas que os cientistas usaram para representá-los. Os autores citando outro estudo (Kozma, Chin, Russell & Marx, 2000) apresentam, em relação à química, que:

“no desenvolvimento da disciplina [química], novas representações e ferramentas corresponderam a novas abordagens para o estudo de substâncias químicas e novas formas de pensar sobre as entidades químicas imperceptíveis e os processos relacionados, responsáveis por explicar as quantidades materiais dessas substâncias físicas. Dentro de uma comunidade com objetivos, conhecimentos, atividades e discursos comuns, os químicos passaram a usar essas novas representações e ferramentas e, por sua vez, moldaram a forma como estes pensavam e conduziam seu trabalho.” (tradução nossa)

Gilbert (2005) indica cinco modos que os modelos podem ser representados.

- O modo concreto (ou material) é tridimensional e feito a partir de materiais resistentes, como por exemplo, um modelo do tipo bola-vareta;
- O modo verbal, que pode consistir de uma descrição de entidades, por exemplo;
- O modo simbólico que consiste de fórmulas e símbolos químicos, equações e expressões;

- O modo visual faz o uso de representações gráficas, diagramas e animações;
- O modo gestual, que faz uso do movimento do corpo no decorrer de uma explicação.

Sintetizamos os “status” epistemológicos e modos representativos que os modelos podem assumir, de acordo com Gilbert (2005) no quadro 1.

Apresentamos somente uma ressalva. Os modos pelos quais os modelos mentais podem ser representados não são contemplados por todos aqueles presentes na segunda coluna. Diversas são as hipóteses em aberto sobre as formas pelas quais estão “armazenadas” as representações mentais (Santaella & Nöth, 2008). Consideramos mais pertinentes duas delas, sendo a primeira a ideia de que armazenaríamos nosso conhecimento em forma de imagens e, a segunda, a de que codificaríamos todas as informações em nível puramente simbólico. Tais questões são bastante antigas e controversas no universo da semiótica. Em nossa pesquisa, a abordagem sociocultural diferenciará essas duas esferas em planos “intrapsicológico” e “interpsicológico”, sem se preocupar com a estrutura física do pensamento interno.

MODELOS	
“Status” epistemológicos	Podem ser representados pelos modos
Modelos mentais*	Concreto (ou material) Verbal Simbólico Visual Gestual
Modelos expressos	
Modelos consensuais	
Modelos científicos	
Modelos históricos	
Modelos curriculares	

Quadro 1 - Modelos: status epistemológicos e modos representativos

Kosma & Russel (2007) investigaram o papel que as representações podem desempenhar no currículo químico. A partir de um estudo etnográfico, compararam estudantes e profissionais de química em diferentes dinâmicas dentro de um laboratório. Observaram que enquanto estes últimos associavam os fenômenos macroscópicos às mais diversas formas de representação social química, realizando constantes reformulações nesse meio, os estudantes em seus espaços de ensino investigativo prático não eram motivados a construir um discurso social científico daquilo que estavam estudando, em outras palavras,

não associavam os experimentos a modos de compreensão em termos de entidades moleculares ou processos dinâmicos. O dinâmico e contínuo processo de criação, testes e comunicação de modelos é de importância central para o conhecimento científico e um ensino de Química autêntico deveria buscar apresentar essas características (Gilbert, Justi & Queiroz, 2011). Quando consideramos os níveis representacionais defendidos por Gilbert & Treagust (2009), definiríamos justamente que o acesso efetivo ao conhecimento químico é realizado quando somos capazes de transitar entre os diferentes níveis de representação.

3.3 Representação à luz da semiótica

Apresentamos uma breve discussão sobre o termo “representação” e como esta pode ser encarada em seu papel comunicativo e de criação de significados no ensino de Química à luz da semiótica. Os debates a respeito da potencialidade de significação das imagens atravessam diversas disciplinas, a ideia neste momento é a de somente apresentar algumas leituras que contribuíssem em nossa construção de uma concepção do papel das representações como uma forma de linguagem relevante para a construção conceitual.

Encontramos, em Santaella & Nöth (2008), uma discussão extensa da definição do termo “representação”. O conceito mais usual, baseado no termo inglês “representation(s)”, como sinônimo de signo e linguagem, foi o que, entretanto, mostrou-se mais apropriado para ser empregado nessa investigação, uma vez que estamos analisando o emprego de representações diversas em situações comunicacionais com a pressuposta correlação de construção conceitual. Há uma distinção importante, feita por Sperber (1985), citado por Santaella & Nöth (2008), na qual o autor conceitua separadamente os termos “representação mental” e “representação pública”, sendo a primeira pertencente somente a um indivíduo, enquanto a segunda é expressa publicamente por algum meio (concreto). Para o referencial sociocultural, essas representações são distintas entre si, mas a sua relação de dependência é fundamentalmente investigada.

A utilização apropriada de simbologias, desenvolvidas ao longo de séculos, constitui uma parte significativa do conhecimento químico (Góis & Giordan, 2007). Os autores estudam os processos de significação de representações químicas na sala de aula a partir da contribuição da teoria semiótica de Peirce (2005). Segundo essa teoria, o conhecimento humano pode ser representado por uma tríade: signo (ou representação, ou ainda veículo da

representação), objeto e interpretante. O signo será tudo aquilo que representa algo para alguém (interpretante) e está relacionado com uma segunda coisa que representa, o objeto. Este pode ser algo concreto ou não.

Os signos podem ser divididos em três categorias: ícone (possuí semelhança visual ou de propriedade com o seu objeto), índice (possuí ligação física direta com o objeto, indicando sua existência) e símbolo (se associa ao objeto através de uma lei ou convenção). Segundo os autores, no nível macro, os professores utilizam frequentemente os signos de caráter indicial e simbólico. Isso porque a todo o momento estão direcionando o seu discurso a cores, cheiros, variação térmicas, entre outros, ou seja, as palavras tornam-se referências indiciais. Ao mesmo tempo, estes também invocam diversas situações trazidas do cotidiano do estudante como as transformações de estado físico, ou seja, referências simbólicas. Para o nível submicroscópico, a referência indicial torna-se menos viável, já que as representações do nível molecular não apontam diretamente para objetos de conhecimento real do aluno. Logo, signos de caráter simbólico e icônico são os mais explorados. Professores tentam, frequentemente, acessar os construtos teóricos existentes na mente dos estudantes, por exemplo, ao se referirem relativamente à aproximação dos átomos e moléculas nos diferentes estados físicos de uma substância, revelando o caráter simbólico dos signos usados. Mas também se referem a esse nível de conhecimento através de analogias, metáforas, ferramentas visuais que possuem relação de semelhança entre o objeto de conhecimento e os signos que os professores vão utilizar, revelando o caráter icônico. Entretanto, quando lidamos com a referência icônica temos um primeiro impasse que são os significados que os alunos extrairão desses signos. O professor não deseja que o aluno se aproprie da coloração de átomos ou de bastões como ligações químicas, por exemplo. Entretanto, figuras, gráficos, imagens, desenhos e esquemas se tornam universais justamente em função de sua múltipla capacidade de referência. Se o ícone é fonte para elaboração de significados diversificados, é justamente essa característica que faz dele um signo particularmente útil para o ensino (ibid).

3.3.1 Considerações sobre as representações imagéticas

As representações dos estudantes a que nos referimos nessa investigação referem-se à representação pública que estes construíram para externalizar seus modelos científicos. De modo geral, os modelos foram expressos pelo modo visual, pelo uso de desenhos. Apesar destes se enquadrarem de modo genérico como formas semióticas pelas quais o pensamento é

expresso, alguns autores defendem determinadas especificidades das imagens em relação à palavra, sendo que Weidenmann (1988), citado por Santaella & Nöth (2008), argumenta que aquelas fomentam atenção e motivação, sendo ainda mais apropriadas à apresentação de informação espacial e podem facilitar determinados processos de aprendizagem. Às imagens, é atribuído maior aspecto afetivo-cognitivo, sendo que este é potencializado pelo grau de iconicidade que assumem (Reimund, 1933 citado por Santaella & Nöth, 2008).

A construção do conhecimento a partir da relação de semelhança entre o signo de caráter icônico e o objeto de conhecimento, por exemplo, costuma ser realizada a partir de uma disputa entre o conjunto de critérios adotados pelo professor, que é apoiado no conhecimento oficial, e o conjunto de critérios adotados pelos estudantes (Góis & Giordan, 2007). A iconicidade dos signos nos traz grande interesse devido à ideia genérica aceita socialmente de que as representações visuais concretizam o pensamento abstrato, o que facilita a aprendizagem. Consideramos, entretanto, que estas devam facilitar as situações de elaboração de significados, mas devem-se evitar as compreensões realísticas equivocadas do processo, ou seja, deve se redobrar a atenção sobre os significados que buscam ser expressos e aqueles que são compreendidos a partir do uso de imagens de caráter icônico, mas também simbólico.

Há um debate na semiótica em aberto sobre “a dependência linguística e a autonomia cognitiva da imagem”, que, inclusive, corre em paralelo à questão dos modelos simbólicos e analógicos da imagem internalizada (Santaella & Nöth, 2008). Em síntese, trata-se de definir se as imagens possuem dependência da linguagem oral para serem compreendidas. Em nossa intervenção, observamos que existe uma transição constante entre a linguagem oral e a produção e visualização de imagens durante a modelagem, ou seja, não há a construção ou compreensão de representações visuais em dinâmicas completamente ausentes da escrita e da fala, de modo que tal dilema não apresenta necessidade de resolução para as nossas interpretações do uso das imagens. Entretanto, é importante concluir dizendo que consideramos que há sempre alteração de significado na transição entre as formas representacionais e que os impactos cognitivos de cada uma delas são diferentes entre si.

3.4 Competências representacionais

Kosma & Russel (2007) denominam competências representacionais a compreensão e representação (ou comunicação) de modelos. A descrição das mesmas apresenta-se listada abaixo.

- A capacidade de usar representações para descrever os fenômenos químicos observáveis em termos de entidades moleculares e processos.
- A capacidade de criar ou selecionar uma representação e explicar o porquê ela é apropriada para um fim específico.
- A capacidade de usar palavras para identificar e analisar as características de uma representação particular (tal como um pico num gráfico de coordenadas) e os padrões de características (por exemplo, o comportamento de moléculas através de uma animação).
- A capacidade de descrever como diferentes representações podem se referir a um mesmo objeto de diferentes formas e explicar como uma representação pode dizer algo de maneira diferente ou algo em que não há possibilidade de ser dito com outra representação.
- A capacidade de transitar entre diferentes representações ou explicar a relação entre elas.
- A capacidade de assumir a posição epistemológica a que correspondem determinadas representações, compreendendo as suas diferenças perante os fenômenos observados.
- A habilidade de usar as representações e as suas características em situações sociais como prova para sustentar a tese.

Os autores apresentam, ainda, cinco níveis de competência representacional que um indivíduo pode se situar em relação a uma tarefa específica. Estes níveis contribuíram na elaboração de categorias em nossa análise de dados, descritas na metodologia, portanto, apresentamos um breve resumo das suas ideias.

Nível 1: Representação como descrição

O indivíduo constrói representações do fenômeno baseadas somente em seus aspectos físicos.

Nível 2: Competências simbólicas primárias

O indivíduo constrói representações do fenômeno baseadas em seus aspectos físicos, mas também inclui alguns elementos simbólicos para suportar as limitações da linguagem escrita, como setas para representar noções dinâmicas.

Nível 3: Uso sintático de representações formais

O indivíduo constrói representações do fenômeno baseadas em seus aspectos físicos observáveis e não observáveis, entidades e processos, ainda que sistemas representacionais precisem ser inventados e as representações não sejam cientificamente precisas. A pessoa é capaz de usar corretamente as representações formais, mas se concentra na sintaxe de uso, em vez do significado da representação.

Nível 4: Uso semântico de representações formais

O indivíduo usa corretamente o sistema simbólico formal em representações de um fenômeno baseadas em seus aspectos físicos observáveis e não observáveis, entidades e processos. Este também é capaz de usar o sistema de representação formal baseado tanto nas regras sintáticas como atribuir um significado relativo ao fenômeno que esse representa. Usa, espontaneamente, representações para explicar fenômenos, resolver problemas ou construir previsões de um sistema.

Nível 5: Uso reflexivo e retórico de representações

O indivíduo usa corretamente o sistema simbólico formal em uma ou mais representações de um fenômeno para explicar as relações entre seus aspectos físicos em função de entidades e processos. Este é capaz de usar aspectos específicos de uma representação em um contexto social e retórico e de explicar o porquê uma representação ser mais ou menos apropriada.

4 MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A pesquisa no ensino de ciências tem dado ênfase sobre a importância de uma visão sobre o conhecimento científico como socialmente construído, validado e expresso em diferentes instâncias, em outras palavras, um conhecimento simbólico por natureza e socialmente negociado. Logo, a aprendizagem de ciências envolve iniciar os aprendizes em formas científicas de se pensar e, conseqüentemente, apresentar suas mais variadas formas de linguagem. Tal processo é encarado como um longo e não linear processo de enculturação, ampliando o papel do professor de organizador de processos pelos quais os alunos geram significados sobre o mundo natural, para um mediador que auxilia os estudantes a entenderem como as asserções do conhecimento são geradas e validadas (Driver et al, 1999). Ainda de acordo com os autores, na perspectiva sociocultural, o conhecimento científico é construído quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns, em que membros mais experientes são responsáveis por estruturar tarefas que tornam possível o domínio das entidades e processos apresentados. O desafio centra-se, portanto, em encontrar maneiras de alcançar esse processo de enculturação na rotina da sala de aula comum.

Uma proposta que, a nosso ver, pode atender essa perspectiva de ensino é defendida por Justi (2006), definida como “ensino de ciências baseado na elaboração de modelos”. Apesar de não nos apoiarmos de modo sistemático nesta para construirmos a nossa intervenção de modelagem, serviu-nos como importante norteadora. A pesquisadora extrai alguns elementos, que organizados, foram utilizados para compor um esquema geral (ver figura 2) que sustenta a construção e expressão de modelos no ensino escolar. De modo geral, o esquema baseia-se na ideia de que a construção de modelos parte sempre do estudo de um objeto específico e, a partir do mesmo, realizamos observações iniciais (diretas ou indiretas, qualitativas ou quantitativas). Simultaneamente à organização dessas experiências, ocorre a seleção dos aspectos da realidade, a partir dos quais se descreve o objeto. Dispondo de criatividade e raciocínio crítico, o indivíduo elabora um modelo mental inicial. Em seguida, é necessário decidir qual representação é a mais adequada para materializar o modelo mental. Torna-se necessário comprovar o modelo proposto mediante “comprovações ou teste mentais” ou “comprovações ou teste experimentais”. O modelo, dependendo do “resultado” pode ser refutado ou modificado. Caso o modelo alcance os objetivos do indivíduo, este assumirá a tarefa de socializar a explicação sobre o seu produto a outros indivíduos. Esse

modelo expresso poderá ser avaliado e ter seus significados negociados com seus pares ou membro mais experientes, no caso da sala de aula, principalmente o professor.

Figura 2 - Modelo de modelagem proposto por Justi (2006).

É importante, ainda, destacar que as atividades de ensino baseadas na estratégia de modelagem têm sido defendidas como importantes meios para se promover a metavisualização, justamente porque propiciam tanto a construção de representações internas (modelo mental) tanto quanto a sua expressão por meio de representações externas (modelos expressos, representados principalmente pelo modo visual em nosso caso) (Gilbert, Justi & Queiróz, 2010). A metavisualização é defendida como uma capacidade muito importante para o aprendizado de química (Gilbert, 2008; Locatelli, Ferreira & Arroio, 2010), sendo definida resumidamente como a metacognição com respeito à visualização, de modo que as

habilidades relacionadas à mesma seriam: (1) o entendimento da convenção de representações (de todos os seus modos representativos); (2) a capacidade de transitar um modelo entre seus diferentes modos de representação; (3) a habilidade de construir uma representação em algum modo para um propósito específico e (4) a habilidade de resolver novos problemas usando uma abordagem baseada em modelos (Gilbert, 2008).

A pesquisadora defende que a atuação do professor em atividades de ensino baseadas na modelagem deva ser a de:

- Favorecer a discussão dos códigos de representação utilizados pelo grupo na representação dos modelos;
- Favorecer a negociação de significados entre os alunos, direcionando olhares e fortalecendo raciocínios mais coerentes;
- Favorecer situações em que os estudantes testem seus modelos.

A dinâmica que analisaremos em nossa pesquisa é a transição entre a “elaboração do modelo mental” e a sua “expressão usando algumas das formas de representação”. Essa se trata da primeira em que o ato de comunicação emerge de modo explícito e, assim, buscaremos responder quais são os suportes necessários para a realização da mesma pelos estudantes. A etapa que não contemplamos do modelo completo apresentado por Justi (2006) foi a de “planejamento e realização de provas experimentais do modelo construído”. A seguir, resumimos como ficou a nossa estratégia de modelagem adaptada nos quadros de 2 a 7 e a sua síntese esquematizada pode ser observada na figura 3. O modo pelo qual esta se concretizou em nossa intervenção, considerando as especificidades do contexto escolar e da temática trabalhada, encontra-se descrita na seção metodológica.

Ter experiências com o objeto a modelar

Buscamos apresentar o estudo da estrutura e transformação da matéria a partir de discussões teóricas, estas baseadas em leitura de textos e aulas dialogadas com o suporte de fichas teóricas, bem como a partir de atividades experimentais, tanto realizadas diretamente em grupos de estudantes como por observação de demonstração do professor. Para nós, essa etapa da modelagem se mostrou central, portanto, como se pode observar na figura 3, tem seu lugar trocado com a etapa de “definição de objetivos” em relação ao modelo padrão.

Quadro 2 - Descrição da etapa "Ter experiências com o objeto a modelar"

Definir os objetivos

Buscamos definir como objetivo a compreensão e representação da estrutura da matéria e de suas transformações em nível de atômico.

Quadro 3 - Descrição da etapa "Definir os objetivos"

Selecionar a origem do modelo

Apoiados, sobretudo em discussões teóricas sobre a continuidade e descontinuidade da matéria, negociou-se que fosse usada a concepção descontínua da matéria para as atividades de modelagem apresentadas, de modo mais específico, a concepção de átomo.

Quadro 4 - Descrição da etapa "Selecionar a origem do modelo"

Elaborar um modelo mental

A partir de exemplos concretos e dialogando com os referenciais debatidos, solicitou-se aos alunos construírem seus modelos sobre a estrutura da matéria e suas transformações. Dúvidas pontuais foram esclarecidas em grupos menores ou mesmo individualmente.

Quadro 5 - Descrição da etapa "Elaborar um modelo mental"

Expressar-se usando algumas das formas (ou modos) de representação

A partir de mediações diversas, como instruções escritas e faladas, vídeos, diálogo em pequenos grupos ou duplas os alunos eram convidado a construir representações sobre a estrutura descontínua da matéria e de suas transformações. Foi oferecido material extra, tais como folhas sulfite A4 e lápis de cor variados.

Quadro 6 - Descrição da etapa “Expressar-se usando algumas das formas (ou modos) de representação”

Realizar experimentos mentais

Assim que os estudantes concluíam as suas atividades de representação dos modelos, alguns espaços de negociação eram incentivados como a comparação de suas produções com alguns exemplos apresentados pelo professor; comparação entre as atividades das duplas e questionamentos específicos formulados pelo professor. Essas dinâmicas permitiram confirmar, refutar e esclarecer aspectos dos modelos.

Quadro 7 - Descrição da etapa “Realizar experimentos mentais”

Os resultados da produção podem levar a diferentes etapas já mencionadas, resultando em diferentes necessidades de reconstrução. É possível também que nenhuma alteração seja necessária e a atividade seja considerada concluída, sendo importante nesse caso propor uma análise clara da validade e limitação do modelo.

Figura 3 - Adaptação realizada sobre o modelo de modelagem proposto por Justi & Gilbert (2002b) citado por Justi (2006)

5 ABORDAGEM SOCIOCULTURAL

O princípio da ação mediada por ferramentas culturais permite uma compreensão profunda sobre o uso de ferramentas diversas na execução das mais variadas formas de atividade humanas, sendo a construção de modelos, estes representados por diversos meios semióticos, o nosso principal foco de investigação.

5.1 Funções primárias e funções superiores: o papel das ferramentas culturais

Segundo Vigotski, o desenvolvimento natural está conectado às funções primárias, enquanto o desenvolvimento cultural as transforma em processos superiores, sendo que os quatro critérios que podem caracterizar esse processo mais desenvolvido são: o controle autônomo do indivíduo sem que este necessite imposições do entorno, a realização consciente, a natureza social e o uso de signos como mediadores (Wertsch, 1985). O processo de construção de conceitos está intrinsicamente ligado a esses processos do plano superior.

O uso de signos na estruturação de nossas ações, em outras palavras, a mediação, é considerado como o tema mais importante e original apresentado por Vigotski. Nesta concepção, são as ferramentas culturais, também operadas em plano mental, que determinam a nossa experiência, e assim, o nosso pensamento. A ideia central da mediação é que o indivíduo tem acesso ao mundo de maneira indireta, ou seja, mediada (Ferreira, 2013).

“Vigotski define o desenvolvimento em função do surgimento e transformação das diversas formas de mediação e a sua noção de interação e a sua relação com os processos psicológicos superiores implicam necessariamente os mecanismos semióticos” (Wertsch, 1985, p. 33).

Os processos semióticos são fenômenos considerados pertencentes ao plano individual e social, sendo assim, defendido como capazes de estabelecer uma ponte entre ambos (ibid.). Considera-se que esses processos sejam possíveis porque o ser humano desenvolve ao longo de sua existência diversas ferramentas culturais. Alguns exemplos destas são: “a linguagem, vários sistemas para contar, técnicas mnemônicas, sistemas de símbolos algébricos, trabalhos de arte, escritos, esquemas, diagramas, mapas e desenhos mecânicos, todo tipo de signos convencionais, etc.” (Vigotski, 1981 citado por Wertsch, 1985). É perceptível nas

exemplificações de Vigotski que estas ferramentas são relacionadas a formas semióticas, ou seja, meios materiais, pelos quais estas são produzidas e expressadas.

5.2 O acesso às ferramentas culturais

As ferramentas culturais transformam de maneira qualitativa nosso pensamento, de tal modo que muitas teorias contemporâneas do desenvolvimento cognitivo defendem que as formas de mediação progressivamente mais complexas permitem aos indivíduos realizar operações mais complexas e de maneira cada vez mais independente do contexto situacional (Wertsch, 1985). Estas são construtos da evolução sociocultural e Vigotski, portanto, defende que antes de nos apropriarmos de uma ferramenta como função no desenvolvimento psicológico, estes instrumentos aparecem aos indivíduos em situações de comunicação. Assim, é mediante seu uso em situações sociais que é possível a sua apropriação (internalização) gradual (ibid.). A comunicação torna-se viável se há um sistema de signos, linguísticos ou não linguístico, de modo que haja significação efetiva, ou seja, generalização (Vigotski, 2000).

Para se compreender como os indivíduos têm acesso a essas ferramentas em plano individual, ou seja, como estes passam a ser capazes de operá-las, dois fenômenos são de grande importância para a nossa investigação: a internalização e a zona de desenvolvimento próximo.

A internalização é concebida como um processo no qual determinados aspectos da estrutura de uma atividade externa passam a executar-se em um plano interno, não como cópia, mas como o um processo no qual se desenvolve um plano interno de consciência. O autor argumenta que “...toda função psicológica superior foi externa porque foi social em algum momento anterior a sua transformação a uma autêntica função psicológica interna” (Vigotski, 1981 citado por Wertsch, 1985). Assim, o conhecimento se estabelece em práticas sociais com objetivos definidos e os processos sociais são concebidos como aqueles mediados semioticamente, ou seja, indiretos, por meio de ferramentas culturais materializadas pelo uso de diversificados signos. Esse pressuposto é de suma importância ao referencial sociocultural, porém muitas perguntas continuam em aberto, sobretudo sobre como se estabelece de fato a transição do pensamento interpsicológico ao intrapsicológico. Um dos conceitos mais

concretos definidos por Vigotski, de modo a contribuir de maneira mais objetiva à psicologia e à educação, que colabora na compreensão dessa transição, é apresentada a seguir.

A zona de desenvolvimento próximo (ZDP) foi definida como a distância entre “o nível de desenvolvimento real da criança tal e como pode ser determinado a partir da resolução independente de problemas e o nível de desenvolvimento potencial tal e como é determinado pela resolução de problemas com a ajuda de um adulto ou em colaboração com seus iguais mais capacitados” (ibíd.). Assim, trata-se de uma zona mais sensível em que se pode realizar a construção do conhecimento, que nos termos de Vigotski é justamente quando se realiza a transição desde o funcionamento interpsicológico ao funcionamento intrapsicológico. Uma das principais conclusões dessa proposta, é que se deve ensinar aquilo que o indivíduo ainda não sabe, mas algo do qual ele seja capaz de aprender.

“Ensinar a uma criança o que ela não é capaz de aprender é tão estéril quanto ensiná-la a fazer o que ela já faz sozinha” (Vigotski, 2009, p. 337).

Processo que só é possível na medida em que ela imita o que é capaz de imitar.

“Noutros termos, o que a criança é capaz de fazer hoje em colaboração, conseguirá fazer amanhã sozinha” (ibid, p. 331).

Quando apresentamos o conceito de “internalização”, algumas das principais questões elucidadas são que não somos capazes de imitar qualquer ação, a simples repetição de uma ação não gera aprendizagem e que no processo de imitação (ou realizar uma atividade em colaboração) há a reelaboração de um plano individual da consciência. Dessa maneira, o conceito de imitação se distancia da concepção mais comum de atividade mecânica, mera repetição sem uma reelaboração individual da consciência.

5.3 Dinâmicas e mediadores envolvidos

A atividade de modelagem proposta foi uma experiência nova para os estudantes, como será apresentado a partir do resultado das entrevistas. Nesta, eles foram convidados a operar a ferramenta cultural de modelos científicos, mediante os diversos suportes oferecidos e determinadas dinâmicas incentivadas. Portanto, é muito importante entender como se

estabelece a relação do indivíduo com o outro que o guia, ou seja, entender que tipos de ajudas são empregadas (Wertsch, 1985). Uma boa atividade de ensino e aprendizagem nessa concepção “implica assistir o aluno proporcionando-lhe apoio e recursos, de modo que ele seja capaz de aplicar um nível de conhecimento mais elevado do que lhe seria possível sem ajuda” (Fino, 2001).

De acordo com o que viemos discutindo, os pensamentos de ordem superior são constituídos nas interações do indivíduo mediadas semioticamente. Buscamos separar, assim, as nossas conclusões em dois aspectos diferentes, mas que desde já consideramos estarem intrinsicamente relacionados, quais e como as dinâmicas do processo contribuíram na aprendizagem e quais foram os principais mediadores envolvidos nessas dinâmicas. Na literatura, o conceito de mediadores aparece de diferentes maneiras, como os espaços em que se realizam as atividades, o tempo destinado às mesmas, a sequência do conteúdo, os tipos e ordem das atividades, os tipos de materiais para consulta, tamanho e tipo de participação nos grupos, as indicações, sugestões, correções e conselhos do professor, entre outros (Onrubia, 2009) ou, de uma maneira mais alinhada à perspectiva sociocultural, os instrumentos e signos (ferramentas semióticas) que mediam a nossa interação com o mundo (Martins & Moser, 2012). Nessa perspectiva, entretanto, não é suficiente estudar a ferramenta cultural, pois essa só existe diante da ação de um indivíduo, conceito definido como a ação mediada.

Os planejamentos das atividades de modelagem são complexos, pois envolvem um grande número de variáveis, estas interdependentes entre si. O nosso objetivo, como previamente apresentado, é o de encontrar quais são os mediadores fundamentais que possibilitam os alunos a construir e representar seus modelos científicos sobre a estrutura e transformação da matéria em relação a alguns fenômenos específicos.

5.4 Modelos científicos como ferramentas culturais

Os modelos científicos, dessa maneira, se enquadram como ferramentas culturais, uma vez que apresentam as características mencionadas anteriormente: seu uso é possibilitado a partir da utilização de signos; estes introduzem novas funções associadas ao seu uso, ou seja, torna desnecessário vários processos naturais, cujo trabalho é desenvolvido pela ferramenta (transformação qualitativa do processo mental) e a sua construção é o resultado de um processo sociohistórico. Tal concepção trata-se de importância central no ensino de ciências:

quando estudamos um determinado conceito científico, estruturado a partir de um modelo aceito pela comunidade científica, estamos estudando um produto humano resultado da interação social de um grupo de pessoas tendo como o objeto de estudo um determinado fenômeno, e não o fenômeno em si. Isso quer dizer, numa primeira instância, que não basta o simples acesso do estudante aos fenômenos naturais, ou seja, não é suficiente estudar a relação sujeito-objeto. Isso não quer dizer que a experimentação direta do indivíduo com os fenômenos a serem estudados não sejam importantes, muito pelo contrário, consideramos muito potente a possibilidade de se experimentar diretamente o objeto de estudo, desenvolver práticas investigativas, incentivar o olhar crítico e direcionado a aspectos centrais do fenômeno, de modo que o estudante seja convidado a correlacionar aspectos do mundo concreto com ideias simbólicas construídas e validades sociohistoricamente.

Vigotski propõe que as formas de mediação são capazes de permitir ao ser humano realizar operações mais complexas sobre o objeto (Silva, 1999), na medida em que os significados dos signos tornam-se cada vez menos dependentes do contexto espaço e temporal do qual eles são utilizados. Alguns exemplos, além dos modelos científicos, que indicam a grande variedade de ferramentas culturais que a ciência dispõe para a construção do conhecimento, e que costumam ser apresentados durante o ensino básico, são: diagramas de energia, fórmulas químicas, fórmulas matemáticas, gráficos relacionando diferentes propriedades em função de diferentes variáveis, espectros de radiação, mapas conceituais, fluxogramas, tabelas periódicas, entre outros. Cada uma delas apresenta especificidades, convenções próprias, que precisam ser levadas em conta no momento de serem apresentadas e, das quais espera-se, que os estudantes sejam capazes de usar para mediar o seu pensamento e sua ação.

Nesta pesquisa partimos do pressuposto que as atividades de modelagem são importantes estratégias dentro da perspectiva de ensino-aprendizagem do ensino de modelos científicos, em que o aluno torna-se protagonista da construção do conhecimento e que tal tarefa ocorre em ambiente social, sendo esta possível mediante a utilização de diferentes mediadores. Dessa maneira, apresentamos nessa seção uma síntese das principais contribuições da abordagem sociocultural à nossa atividade de modelagem, especificamente.

Ferreira (2010) aponta que muitos trabalhos recentes referentes à temática de construção e representação de modelos científicos dão foco extensivo à relação sujeito-objeto, em que geralmente não se é referido explicitamente que as representações do conhecimento

são intencionais e resultam de uma construção coletiva e compartilhada entre os membros de uma comunidade que lhe confere legitimidade. Giordan (2007) defende ser necessário mudar a concepção dos docentes de um panorama reducionista acerca das representações como apenas um meio de expressão científico para um meio de produção de conhecimento por um grupo social organizado. Dessa maneira, podemos encarar que tanto as representações visualizadas em materiais didáticos diversos, assim como as representações construídas pelos próprios alunos possuem uma validação condicionada ao seu contexto. Essa concepção mostra-se muito importante para desmistificar aspectos relacionados ao conhecimento científico, como a sua neutralidade e ausência de subjetividade, e encorajar propostas de atividades em que os alunos sejam incentivados a propor representações de própria autoria. Convém, contudo, salientar que os meios ou ferramentas que constituem a mediação, não produzem o significado nem a aprendizagem, que é algo próprio da ação de cada indivíduo, porque uma ferramenta ou um meio apenas possui uma ação na medida em que os indivíduos os usam (Wertsch et al, 1998, apud Martins & Moser, 2012)

6 METODOLOGIA

6.1 Pesquisa qualitativa

Considerando que os estudantes adquirem diferentes significados de sua experiência e o investigador busca acessá-los por diferentes meios, optou-se pela investigação de caráter qualitativo e orientação interpretativa. A pesquisa qualitativa se apresenta consolidada na comunidade científica e pode ser compreendida como um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano (Creswell, 2010). Para Flick (2009), é cada vez mais difícil encontrar uma definição para a pesquisa qualitativa, entretanto, defende de modo convergente que este tipo de pesquisa visa abordar como as pessoas constroem o mundo à sua volta, em ambiente natural e não em contextos especializados como em um laboratório.

A partir da década de 90, também se consolida a visão de que o pesquisador está marcado pela realidade social, toda observação está possuída de uma teoria e a objetividade está delimitada com a relação do sujeito e sua realidade (Chizzotti, 2003). O amadurecimento da pesquisa qualitativa foi capaz de se distanciar de uma visão ingênua de um método científico único e capaz de trazer a tona “verdades”, com isso, podemos ser mais críticos em respeito à abrangência e limitação de nossas ferramentas que suportam coletar material documental, bem como a nossa interpretação dos dados.

Dentro das abordagens que este referencial pode assumir, a concepção construtivista social alinha-se com o nosso olhar sobre a problemática.

“os indivíduos desenvolvem significados subjetivos de suas experiências, significados dirigidos para alguns objetos ou coisas. Tais significados são variados e múltiplos, levando o pesquisador a buscar a complexidade dos pontos de vista em vez de estreitá-los em algumas categorias ou ideias. (...) Com frequência, esses significados subjetivos são negociados social e historicamente. Eles não estão simplesmente estampados nos indivíduos, mas são formados pela interação com as outras pessoas e por normas históricas e culturais as quais operam nas vidas dos indivíduos” (Creswell, 2010)

O pesquisador se insere como um instrumento fundamental, ou seja, este coleta os dados por meio de intervenção direta, dispondo de múltiplas fontes (ibid.), neste caso, a descrição do planejamento de aula, observações, atividades produzidas pelos estudantes e

entrevistas, com o objetivo de realizar uma análise de dados indutiva com foco na construção de significados dos participantes.

A análise de conteúdos é um referencial importante para situarmos de maneira mais sistemática nossos procedimentos de coleta e análises. Esse aparece como:

“Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.” (Bardin, 2011).

Dessa maneira, segundo a autora, pertencem ao seu domínio iniciativas que, a partir da disposição de variadas técnicas, explicitem e sistematizem um conteúdo de mensagens, com o contributo de índices. Sua finalidade é a de efetuar deduções lógicas e justificadas, referentes à origem das mensagens tomando em consideração o emissor e o seu contexto e, eventualmente, os efeitos dessas mensagens. A inferência é considerada um procedimento intermediário entre a descrição e a interpretação do conjunto de dados.

6.2 Coleta de dados

Buscamos introduzir diferentes ferramentas para coleta de dados que nos permitissem a triangulação dos mesmos. Ao longo do trabalho, as produções originadas pelas diversas atividades que compõem a intervenção foram analisadas pela análise de conteúdos (Bardin, 2011). Os instrumentos finais apresentados nessa pesquisa são as observações diretas do pesquisador, as análises das atividades produzidas e as entrevistas realizadas com um recorte dos participantes.

6.2.1 Atividades de modelagem dos estudantes

As representações dos modelos em modo visual constituem-se uma valiosa fonte de dados, pois permite avaliarmos, primeiramente, se os estudantes se apropriaram dos objetivos da atividade. Portanto, realizaremos uma análise da taxa de entrega de cada uma das modelagens em específico. Posteriormente, buscaremos realizar uma análise qualitativa de cunho interpretativo, com um recorte do total produzido, a partir de categorias construídas

com base nos níveis de capacidade representacional de Kosma & Russel (2007) apresentados na seção de referencial teórico. As orientações da atividade não solicitaram a execução de determinadas tarefas que pudessem evidenciar a presença de determinadas capacidades representacionais apresentadas pelos autores, dessa maneira, seria incoerente a utilização rígida das mesmas. Sendo assim, as categorias apresentadas abaixo nos quadros 8 a 11, apesar da influência, são adaptadas àquilo que consideramos poder ser avaliado em nosso contexto e foram criadas a partir de uma análise preliminar das produções. Categorias são como rubricas ou classes que agrupam determinados elementos que reúnem características comuns (Bardin, 2011). A representação em nível submicro de determinados sistemas e a construção de equações químicas balanceadas (representação em nível simbólico do processo) foram as demandas representacionais solicitadas ao todo. Considerando o estudo piloto realizado (apresentado na seção 6.6) e nosso referencial teórico, debateremos brevemente o que e como se pretende verificar em cada uma das categorias.

O aluno, em sua atividade, representou somente o nível macro.

Essa categoria permite verificar se o estudante representou somente os aspectos do nível macro dos sistemas solicitados. Consideramos que nesse caso o aluno não tenha compreendido os objetivos da atividade, não permitindo, assim, que o mesmo participe das atividades comunicativas utilizando a ferramenta adequada e, portanto, seja impossibilitado de envolver-se na negociação de significados de sua representação.

Quadro 8 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, representou somente o nível macro".

O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.

Essa categoria permite verificar se o estudante representou somente os aspectos do nível submicro dos sistemas solicitados. Consideramos que nesse caso o aluno tenha compreendido os objetivos da atividade, permitindo que o mesmo participe das atividades comunicativas utilizando a ferramenta adequada, sendo possível estabelecer a negociação de significados de sua representação.

Quadro 9 - Descrição da categoria "O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro".

O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.

Essa categoria permite verificar se o estudante representou tanto os aspectos do nível macro quanto do nível submicro dos sistemas solicitados. Consideramos que nesse caso o aluno tenha compreendido os objetivos da atividade, permitindo que o mesmo participe das atividades comunicativas utilizando a ferramenta adequada, sendo possível estabelecer a negociação de significados de sua representação. Buscaremos, entretanto, encontrar evidências dos motivos pelos quais ele considerou necessário apresentar também o nível macro, já que o mesmo não era solicitado.

Quadro 10 - Descrição da categoria “O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro”.

O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.

Essa categoria permite verificar se o estudante representou tanto os aspectos do nível macro quanto do nível submicro dos sistemas solicitados. Consideramos que nesse caso o aluno tenha compreendido os objetivos da atividade, permitindo que o mesmo participe das atividades comunicativas utilizando a ferramenta adequada, sendo possível estabelecer a negociação de significados de sua representação. Buscaremos, entretanto, encontrar evidências dos motivos pelos quais ele considerou necessário apresentar também o nível macro, já que o mesmo não era solicitado.

Quadro 11 - Descrição da categoria “O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo”.

Essa última categoria é aplicável somente às atividades de 5 a 9 e permite verificar se o estudante representou, em nível simbólico, os processos solicitados. Como será apresentado na seção 6.4, os estudantes, inicialmente, escreveram as equações químicas utilizando os nomes das substâncias, entretanto, será considerado ter contemplado essa categoria somente se a substância tiver sido apresentada na equação pela sua fórmula. Não distinguimos quando houve ou não o balanceamento da mesma. Consideramos que, nesse caso, o aluno tenha compreendido os objetivos da atividade, permitindo que o mesmo participe das atividades comunicativas utilizando a ferramenta adequada, sendo possível estabelecer a negociação de significados de sua representação.

Em relação às produções que apresentam, exclusivamente ou não, o nível submicro em sua representação, analisaremos, de acordo com o quadro 12, se:

O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Buscamos identificar, a partir dessa categoria, se a concepção de elementos imutáveis é respeitada nas transformações físicas e químicas, por exemplo, se o estudante ao representar seu modelo de uma transformação química apresenta as novas substâncias formadas como a recombinação dos átomos já existentes ou se o estudante insere novas partículas (novos elementos), ou mesmo se alguma substância desaparece do sistema. Essa categoria é bastante abrangente, demandando discussões para casos específicos não contemplados pela descrição acima.

Quadro 12 - Descrição da categoria “O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria”.

Apresentamos na seção dos resultados das execuções das atividades, item 7.1, uma produção de cada atividade e a respectiva categorização da mesma, com a intenção de exemplificar a análise realizada. Nossa amostra trata-se de 30% das produções de cada atividade, elegidas de maneira aleatória. Buscou-se variar ao máximo os alunos analisados, ou seja, a atividade 1 analisada, produzida pelo aluno X, sempre que possível, teve a atividade 2 analisada, produzida pelo aluno Y e a atividade 3 analisada, produzida pelo aluno Z. Sistematizamos os resultados em tabelas e em gráficos.

6.2.2 Observação

O pesquisador tem uma experiência direta com os participantes, é ele quem realizará a primeira interpretação do objeto de pesquisa (Creswell, 2010). O observador busca obter informações tais como: resultados, processos, impactos, entre outros, e nessa atividade deve-se manter um controle sobre as interferências do pesquisador (observador) no comportamento dos pesquisados (Barbosa, 1998). Acreditamos ser uma ferramenta muito importante para descrever as atividades realizadas, possibilitando ao leitor situar-se no contexto em que se deu a pesquisa e ao pesquisador organizar-se e construir uma análise mais contextualizada. Uma vez que o pesquisador tenha tido o papel de professor, as observações serão direcionadas para as diversas impressões que a proposta passou em relação à promoção do protagonismo dos

estudantes e que tipos de dúvidas eram comumente apresentadas e quais recursos eram normalmente direcionados. Consideramos oportuno introduzi-las no texto de dissertação para obter uma compreensão mais clara da trajetória e objetivos percorridos ao longo da pesquisa.

6.2.3 Entrevista semiestruturada

A entrevista possibilita fornecer uma quantidade de informações maior do que o questionário e permite ao pesquisador controlar a linha do questionamento (Creswell, 2010). Realizamos entrevistas semiestruturadas, as quais permitem uma flexibilidade de direcionar nossos questionamentos a aspectos que pareçam mais significativos aos entrevistados e, portanto, uma análise mais direcionada ao processo do pesquisado. Seu uso se mostra necessário para aprofundar a compreensão dos “meios”, ou seja, como se deu um determinado processo do entrevistado quanto ao tema específico. Por outro lado, é uma técnica que demanda bastante tempo e, sendo assim, foi realizada com um recorte do grupo. Além disso, algumas foram realizadas também com dois alunos ao mesmo tempo. Para Barbosa (1998) a aplicação de entrevistas deve considerar alguns aspectos como adaptação de linguagem ao entrevistado, questões sucintas, estabelecimento de um objetivo central ao longo da entrevista e estar atento ao direcionamento (indução) de comportamentos e respostas.

Foram realizadas ao todo 7 entrevistas com o total de 11 estudantes (8 alunos e 3 alunas), sendo assim, 4 entrevistas em duplas e 3 individuais. As entrevistas foram gravadas em um gravador de som e os estudantes que participaram das mesmas, fizeram-na acompanhados de suas atividades previamente produzidas. É apresentado no “apêndice D” o roteiro das questões formuladas para o momento da entrevista, sendo que nem sempre foi seguida a ordem apresentada, uma vez que as respostas dos estudantes direcionavam o assunto para um determinado aspecto. A partir dos diálogos transcritos, emergiram cinco categorias com o objetivo de se sistematizar as principais questões abordadas, estas são:

1. As experiências prévias dos estudantes com a atividade de modelagem;
2. As percepções dos estudantes quanto à clareza dos objetivos propostos nas atividades e as suas percepções quanto às facilidades e dificuldades encontradas na execução das mesmas;
3. As concepções dos estudantes sobre os papéis que a atividade desempenha em sua aprendizagem;
4. A importância da realização da atividade de modelagem em dupla;

5. A importância da visualização dos vídeos dos experimentos durante a execução da atividade

Nos resultados apresentamos os principais trechos das entrevistas realizadas, separados em cada uma das cinco categorias. As transcrições completas encontram-se no “apêndice F”. Os tratamentos dos áudios foram realizados pelo método de “transcrição”. De acordo com a história oral, o registro oral é transcrito literalmente e, em seguida, textualizado, o que corresponde a um momento de uniformização do texto (Evangelista, 2010). Nessa etapa surge, então, a possibilidade da transcrição, questão não consensual pelos oralistas, mas que tem como principal compromisso a reprodução do conteúdo da mensagem do entrevistado e não as suas formas linguísticas literais (ibid.). Nessa discussão, transparecemos a discussão que a conversão da linguagem oral para a escrita não é trivial, sempre haverá alteração do seu significado, pois são formas linguísticas diferentes. Considera-se, segundo a concepção transcriativa, que a mera tentativa de reprodução literal do conteúdo ouvido não é a forma mais eficaz na tentativa de se atingir a significação do conteúdo. Desse modo, em nosso caso, o texto possui principalmente alterações de expressões coloquiais, mudança em pontuação, inserção de conteúdos de referência entre parênteses, de modo a tornar mais claro o conteúdo dessas falas.

6.3 Caracterização da instituição e da turma

As atividades foram realizadas em tempo comum de aula, tendo cada uma duração total de 65 minutos, sendo solicitado, tanto à instituição quanto aos estudantes, a coleta de dados da atividade e os propósitos da mesma. As aulas acontecem sempre em dias separados, ou seja, nunca há duas aulas seguidas. A instituição trata-se de uma escola particular, fundada há 36 anos, de concepção construtivista, localizada na zona oeste da cidade de São Paulo. O período letivo é dividido em três trimestres, sendo a intervenção realizada no início do segundo trimestre.

A escola possui um laboratório que atende às três disciplinas de ciências naturais do ensino médio e às disciplinas de ciências do ensino fundamental. Há uma equipe de profissionais do laboratório que prepara previamente os experimentos e organiza o espaço ao final da atividade.

As três turmas de 1º ano, nas quais aplicamos a intervenção apresentam o total de 84 alunos regulares e mais 3 que pertencem ao núcleo de inclusão e, que portanto, seguem um currículo alternativo. Consideramos todas as turmas heterogêneas em relação ao desenvolvimento escolar, havendo também uma porcentagem próxima a 13% de estudantes que ingressaram, naquele ano, na turma de 1º ano. Os estudantes, de modo geral, estão acostumados com um formato de ensino que fomente o seu protagonismo, ou seja, uma rotina de maior produção individual e coletiva durante as aulas das diversas disciplinas. É importante também mencionar que eles estão dispostos regularmente em duplas.

6.4 Descrição da intervenção

A descrição das aulas que compõe a sequência aplicada às turmas foi construída a partir de contribuições de nosso referencial teórico. Portanto, a sua descrição permite ao leitor se situar e ponderar os alcances e limitações da mesma, bem como de nossas respectivas análises. Apresentaremos a seguir as aulas que antecederam a proposta de modelagem da estrutura e transformação da matéria de modo a esclarecer os conhecimentos trabalhados previamente.

Aula prévia 1: Discussão teórica sobre transformações físicas e químicas, processos endotérmicos e exotérmicos

Na primeira aula do trimestre apresentou-se, teoricamente, diversos exemplos de transformações físicas e químicas da matéria e, posteriormente, discutiu-se e definiu-se estas em sua natureza física ou química e em processos endotérmicos e exotérmicos. Dessa maneira, buscou-se construir um primeiro conjunto de critérios que fosse capaz de ser usado para categorizar essas transformações em sua natureza (física ou química) e no fluxo energético vizinhança/sistema (endotérmico ou exotérmico). A ficha de elaboração conceitual utilizada encontra-se no apêndice A.

Aula prévia 2: Experimentos realizados em sala de aula

Foram destinadas duas aulas para o trabalho experimental com cinco transformações. O objetivo das mesmas era o de se investigar as transformações com o objetivo central de se registrar dados sobre as propriedades dos materiais no início, durante e após a transformação e da transferência de calor, sempre que possível, com a finalidade de categorizá-las em função de sua natureza e no fluxo energético vizinhança/sistema. Nessa aula trabalhou-se com duas transformações em sala de aula (devido à indisponibilidade do laboratório) apresentadas abaixo. Por último, é importante apontar que os nomes das transformações apresentados no roteiro experimental eram evasivos, para não influenciar na categorização, e a atividade completa pode ser vista no apêndice B.

- Transformação 1: Sublimação e ressublimação do iodo (experiência demonstrativa)
- Transformação 2: Reação de precipitação entre o nitrato de chumbo e iodeto de potássio (alunos manusearam os materiais e vidraria em grupos de 4-5 pessoas)

Aula prévia 3: Experimentos realizados em laboratório

Essa aula foi realizada em laboratório com os mesmos objetivos e procedimentos da aula anterior. As transformações trabalhadas nessa aula foram:

- Transformação 3: Decomposição do dicromato de amônio (experiência demonstrativa)
- Transformação 4: Desidratação e reidratação do sulfato de cobre hidratado (alunos manusearam os materiais e vidraria em grupos de 4-5 pessoas).
- Transformação 5: Reação entre nitrato de prata e cobre metálico (alunos manusearam os materiais e vidraria em grupos de 4-5 pessoas; houve a utilização de um estereoscópio por grupo para ampliação da visualização do material depositado).

Aula prévia 4: Estrutura contínua e descontínua da matéria

A partir de leitura e discussão de textos do livro didático “Química Cidadã” (Santos & Mól, 2013) abordamos as primeiras concepções da estrutura da matéria, a teoria aristotélica dos quatro elementos e a atomista de Demócrito e Leucipo. Buscou-se construir explicações para algumas das transformações trabalhadas nas aulas anteriores com ambos os referenciais teóricos discutidos. A partir de uma breve discussão das amplitudes e limitações dos mesmos,

solicitou-se que para as demais aulas fosse considerado o emprego e desenvolvimento da concepção atomista.

Aula prévia 5: Conservação da matéria e o modelo atômico de Dalton

A partir de uma aula expositiva e dialogada foi apresentado o contexto histórico do princípio da conservação da matéria proposto por Lavoisier e a ideia atomista retomada por Dalton, evidenciando as relações entre as duas concepções (princípio da conservação da matéria e concepção atomista) e as suas principais definições sobre a ideia de átomo. Construíram-se, conjuntamente, as primeiras equações químicas utilizando os nomes das substâncias, exemplo: gás hidrogênio + gás oxigênio $\rightarrow$ água.

Aula prévia 6: Conservação da matéria, modelo atômico de Dalton e simbologia química

A partir de uma ficha de conceitualização, presente no apêndice C, realizaram-se exercícios quantitativos de quantidade de matéria baseados na conservação da matéria e proporções constantes, ainda utilizando equações químicas representando as substâncias pelos seus nomes extensos. Em uma segunda etapa, transformamos a linguagem das reações químicas do modo que a partir do nome das substâncias, fossem inseridas as fórmulas químicas das mesmas (apresentadas a partir de definições do conjunto de átomos dos compostos constituintes).

A seguir, apresentaremos de modo mais descritivo as aulas em que a modelagem da estrutura e transformação da matéria foi proposta. Os textos e vídeos citados foram disponibilizados aos estudantes em ambiente virtual (Moodle). Os vídeos foram produzidos pelo pesquisador e nestes são realizados os mesmos procedimentos indicados aos alunos nas aulas experimentais, podendo ser acessados nos endereços disponibilizados.

Aula de modelagem 1

Data: 01/06/2016.

Conteúdos:

- Transformação de nomenclatura das equações das transformações 1 a 5.
- Modelagem básica.

Quadro 13 - Síntese da aula de modelagem 1

O principal objetivo dessa aula foi o de construir e representar os primeiros modelos sobre a estrutura e transformação da matéria. Esses tratavam-se de sistemas simplificados.

Inicialmente, retomamos as equações químicas das transformações de 1 a 5. Essas foram construídas, previamente, utilizando o nome das substâncias, exemplos:

- Iodo_(s) → Iodo_(g)
- Iodeto de potássio_(aq) + nitrato de chumbo_(aq) → Iodeto de chumbo_(s) + nitrato de potássio_(aq)

A partir destas, e apresentação das fórmulas químicas das substâncias, construímos as equações químicas dos processos, não balanceadas, com a fórmula química, exemplos:

- $I_{2(s)} \rightarrow I_{2(g)}$
- $KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)} + KNO_{3(aq)}$

Em seguida, iniciamos a proposta de modelagem dos seguintes sistemas:

1. Recipiente com água (H₂O)
2. Recipiente com metanol (CH₄O)
3. Metanol evaporando
4. Dissolução de cloreto de sódio (NaCl) em água

Considerando a concepção atomista de Dalton, solicitou-se que fossem representados esses sistemas em nível atômico. As principais considerações apresentadas foram:

- A fórmula química representa uma única entidade, um sistema é composto pela repetição dessas entidades.
- Cada elemento precisa ser representado por uma legenda diferente.

- Um elemento é apresentado por uma letra maiúscula, seguida, ou não, de uma segunda letra minúscula.

Disponibilizaram-se, como material extra, folhas sulfite e lápis de cores. Os estudantes iniciaram a representação de seus modelos, em duplas, e o professor foi passando por estas, oferecendo ajuda, observando e interferindo sempre que necessário.

Aula de modelagem 2

Data: 02/06/2016.

Conteúdos:

- Modelagem das transformações 1 e 2

Quadro 14 - Síntese da aula de modelagem 2

O principal objetivo dessa aula foi o de construir e representar os modelos sobre a estrutura e transformação da matéria relativos às transformações 1 e 2 trabalhadas previamente. Antes de iniciar a apresentação das orientações, solicitou-se que nessa aula fossem finalizadas as atividades da aula anterior, caso estas não estivessem sido concluídas.

Revisou-se, então, as atividades experimentais realizadas nas aulas anteriores e apresentou-se que o objetivo da aula seria construir e representar modelos em nível atômico das primeiras duas transformações realizadas em laboratório. Disponibilizou-se, como material extra, folhas sulfite e lápis de cores.

As orientações apresentadas por meio digital foram:

- 1) Represente o estado inicial e o estado final em nível de partículas
- 2) Escreva a equação química balanceada

- Transformação 1: Sublimação e ressublimação do iodo

Disponibilizou-se o vídeo da transformação, integrado à página (endereço: <https://youtu.be/nY0dm8Gh02w>)

Figura 4 – Frame do vídeo do experimento da sublimação e ressublimação do iodo

- Transformação 2: A reação entre a solução de nitrato de chumbo e iodeto de potássio

Disponibilizou-se o vídeo da transformação, integrado à página (endereço: https://youtu.be/GXysJKw8O_s)

Figura 5 - Frame do vídeo do experimento da reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio

Os estudantes iniciaram a representação de seus modelos, em duplas, e o professor foi passando por estas, oferecendo ajuda, observando e interferindo sempre que necessário.

Aula de modelagem 3

Data: 03/06/2016.

Conteúdos:

- Modelagem das transformações 3, 4 e 5

Quadro 15 - Síntese da aula de modelagem 3

O principal objetivo dessa aula foi o de construir e representar os modelos sobre a estrutura e transformação da matéria relativos às transformações 3, 4 e 5 trabalhadas previamente. Antes de iniciar a apresentação das orientações, solicitou-se que, nessa aula, fossem finalizadas as atividades da aula anterior, caso estas não tivessem sido concluídas.

As atividades experimentais realizadas nas aulas anteriores foram revisadas e apresentou-se que o objetivo da aula seria construir e representar modelos, em nível atômico, das últimas três transformações realizadas em laboratório. Disponibilizou-se como material extra: folhas sulfite e lápis de cores.

As orientações apresentadas, por meio digital, foram:

Para os três processos apresentados a seguir:

- 1) Represente o estado inicial e o estado final em nível de partículas
- 2) Escreva a equação química balanceada

- Transformação 3: Decomposição do dicromato de amônio*

Disponibilizou-se o vídeo da transformação, integrado à página (endereço: <https://youtu.be/E0GtDkREY9s>)

Figura 6 - Frame do vídeo do experimento da decomposição do dicromato de amônio

- Transformação 4: Desidratação e reidratação do sulfato de cobre

Disponibilizou-se o vídeo da transformação, integrado à página (endereço: <https://youtu.be/xyVtc3WgOs4>)

Figura 7 - Frame do vídeo do experimento da desidratação e reidratação do sulfato de cobre

- Transformação 5: Deposição de prata em cobre

Disponibilizou-se o vídeo da transformação, integrado à página (endereço: <https://youtu.be/a9RHo1re7TA>)

Figura 8 - Frame do vídeo do experimento da deposição de prata em cobre

Os estudantes iniciaram a representação de seus modelos, em duplas, e o professor foi passando por estas, oferecendo ajuda, observando e interferindo sempre que necessário.

Foram propostas ao total, portanto, a realização de nove atividades, sistematizadas abaixo.

- Atividade 1: Representação em nível de partículas de um recipiente com água (H_2O).
- Atividade 2: Representação em nível de partículas de um recipiente com metanol (CH_4O).
- Atividade 3: Representação em nível de partículas do metanol evaporando.
- Atividade 4: Representação em nível de partículas da dissolução de cloreto de sódio ($NaCl$) em água.

- Atividade 5: Representação em nível de partículas do estado inicial e final da sublimação e ressublimação do iodo e da equação química do processo.
- Atividade 6: Representação em nível de partículas do estado inicial e final da reação entre a solução de nitrato de chumbo e iodeto de potássio e da equação química do processo.
- Atividade 7: Representação em nível de partículas do estado inicial e final da decomposição do dicromato de amônio e da equação química do processo.
- Atividade 8: Representação em nível de partículas do estado inicial e final da desidratação e reidratação do sulfato de cobre e da equação química do processo.
- Atividade 9: Representação em nível de partículas do estado inicial e final da deposição de prata em cobre e da equação química do processo.

6.6 Estudo piloto

Foi realizado um estudo piloto no ano de 2015 com as três turmas de 1º ano do ensino médio da mesma escola particular da cidade de São Paulo (n=85) em que foi realizada a intervenção final. Descreveremos brevemente as atividades propostas (Vries & Arroio, 2016), estas muito semelhantes às realizadas na intervenção final.

As quatro primeiras aulas, que antecederam as atividades experimentais, tiveram uma abordagem diversificada, baseando-se, sobretudo em leitura de textos, atividade experimental, produção de relatório e discussão. Abaixo apresentamos brevemente seu conteúdo, dinâmica e objetivos.

1ª aula – Introduziu-se o tema de transformações físicas e químicas. Através de uma ficha teórica foi apresentada uma introdução sobre as transformações, e então, sistematizada uma diversidade de exemplos, seguidos da definição de transformação física ou química. Solicitava-se, em seguida, que os alunos definissem, em duplas, outros exemplos apresentados em transformação física ou química. Após o término, realizou-se uma discussão com toda a sala, com a mediação do professor, sobre cada um dos exemplos. O professor solicitava, então, que os alunos construíssem, em duplas, uma generalização para os conceitos de transformação química e física

2ª aula – Realizou-se uma aula experimental no laboratório didático. Os alunos se dividiram nas bancadas em grupos de quatro ou cinco alunos e receberam um roteiro com

instruções para a realização das experiências e as respectivas observações e registros. Ao total foram realizadas três transformações químicas (queima do bissulfeto de amônio; reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio; reação entre ácido clorídrico e magnésio) e duas físicas (sublimação e ressublimação do iodo; desidratação do sulfato de cobre). A atividade central dos alunos foi a de registro de suas observações do estado inicial, da transformação e do estado final das substâncias em cada uma das experiências e estes não tinham acesso prévio à definição de transformação química ou física.

3ª aula – Foi apresentada a proposta da realização de um breve relatório sobre a atividade experimental realizada na aula anterior. Basicamente, era solicitado que os estudantes definissem cada um das transformações vivenciadas em física ou química, sendo que o mais importante do processo era o desenvolvimento dos argumentos que sustentassem a definição elegida. Tal atividade foi realizada em grupo, com os mesmos integrantes da aula experimental.

Nessas três aulas, a definição mais precisa construída conjuntamente foi que “nas transformações químicas havia transformação de uma substância em outra” e “nas transformações físicas a substância era conservada”. Devido aos conteúdos previamente trabalhados no 1º trimestre os alunos recorriam principalmente às propriedades físicas e organolépticas para justificar se havia alteração da substância ou não. Estabelecido tal definição, o professor problematizou, a partir da quarta, aula as seguintes questões: “O que é uma substância? Como podemos compreendê-la de modo mais profundo?”.

4ª aula – Solicitou-se que os estudantes lessem, em duplas, dois textos do seu livro didático: “Das artes práticas de transformação à Alquimia” e “Dos elementos aristotélicos ao modelo atômico de Dalton” (Santos & Mól, 2010). Ao final da leitura foi realizada uma discussão mediada pelo professor, em que se buscou diferenciar a visão contínua e descontínua da matéria elencando as principais características e modo de interpretar de cada uma delas. Ao final da aula foi argumentado pelo professor de que para prosseguirmos nossos estudos deveríamos assumir uma das duas concepções e negociou-se para que a descontinuidade fosse eleita.

As últimas três aulas tiveram um objetivo mais direcionado. Assumindo a descontinuidade da matéria, como poderíamos explicar e representar os fenômenos

vivenciados no laboratório? Para tais atividades suprimimos somente a combustão do bissulfato de amônio devido à complexidade de evidenciar os produtos formados.

Para acompanhar tal dinâmica foi construído o portal virtual “Estudo da estrutura e transformação da matéria” (<https://goo.gl/kJL5EG>) em que, através de diferentes páginas construídas de acordo com a organização lógica do conteúdo, havia a disposição dos estudantes, curtas introduções teóricas com textos e imagens, vídeos das experiências (nos vídeos a filmagem é feita com a execução do professor e não dos alunos) e instruções para a modelagem. Para acesso ao portal, foi reservado um computador por dupla de alunos.

The screenshot displays the LABIQ (Laboratório Integrado de Química e Bioquímica) portal. The header features navigation links: HOME, CADASTRE-SE JÁ, CONTATO, and LOGIN. The main title 'LABIQ' is prominently displayed, followed by the subtitle 'Laboratório Integrado de Química e Bioquímica'. On the left, a sidebar menu lists various topics, with 'Modelagem das transformações - parte 1' selected. The main content area is titled 'Modelagem das transformações' and includes a video player showing a laboratory experiment labeled 'Aquecimento e resfriamento do iodo'. Below the video, the text 'Experiência 01' is followed by three numbered instructions for a modeling activity involving iodine.

HOME CADASTRE-SE JÁ CONTATO LOGIN

LABIQ
Laboratório Integrado de Química e Bioquímica

Estudo da estrutura e transformação da matéria

- Introdução
- Concepção de matéria: contínua ou descontínua?
- Matéria descontínua: modelo de partículas
- Modelagem da solubilidade
- Modelagem das transformações - parte 1
- Modelagem das transformações - parte 2
- Visualizando átomos

Modelagem das transformações

f t e </> p 0

Aquecimento e resfriamento do iodo

0:00

Experiência 01

- 1) Represente, em nível de partículas, o iodo inicialmente
- 2) Represente, em nível de partículas, a transformação do iodo durante o aquecimento
- 3) Represente, em nível de partículas, a transformação do iodo no resfriamento e, assim, o seu estado final

Figura 9 - Página "Modelagem das transformações - parte 1" do portal LABIQ

5ª aula – Nesta aula, em duplas, os alunos acessaram o portal descrito acima. Os conteúdos de interesse foram a revisão conceitual da descontinuidade da matéria e as orientações de modelagem. Após a revisão foram disponibilizados, então, papel e lápis de cor para os estudantes iniciarem a representação, individual, dos modelos iniciais em nível de partículas: Atividade 1) um copo com água; Atividade 2) um copo com etanol; Atividade 3)

evaporação do etanol; Atividade 4) dissolução de açúcar em água; Atividade 5) dissolução de cloreto de sódio em água.

6ª aula – Propôs-se aos estudantes representarem, em nível de partículas, um modelo para os seguintes fenômenos vivenciados no laboratório: Atividade 6) sublimação e ressublimação do iodo; Atividade 7) a reação de nitrato de chumbo com iodeto de potássio

Organizados em duplas, porém, produzindo atividades individuais, tiveram acesso no portal virtual aos vídeos das experiências e às instruções sobre a produção das atividades. Abaixo descrevemos as instruções para a representação do modelo da transformação do iodo, porém o leitor pode ter acesso às instruções das demais experiências no endereço do site apresentado.

“1) Represente, em nível de partículas, o iodo inicialmente; 2) Represente, em nível de partículas, a transformação do iodo durante o aquecimento; 3) Represente, em nível de partículas, a transformação do iodo no resfriamento e, assim, o seu estado final”.

7ª aula – Foi solicitado que os estudantes que não conseguiram terminar as atividades da aula anterior a fizessem e, aqueles que a terminaram, prosseguissem de acordo com a mesma dinâmica das duas aulas anteriores a representação de seus modelos em nível de partículas das seguintes transformações: Atividade 8) aquecimento do sulfato de cobre; Atividade 9) reação entre magnésio e ácido clorídrico. Lembrando que também houve à disposição o acesso aos vídeos e às orientações específicas.

O estudo foi muito importante, pois como discutido no início do trabalho, mudou nosso foco de análise, que inicialmente era o de estudar como a capacidade de modelagem dos estudantes afetava a sua capacidade de visualização, ou seja, a sua capacidade de interpretar uma imagem, atribuir significado à representação de modelos científicos. Após termos compartilhado os resultados preliminares com o grupo de pesquisa e, sendo realizado no início do projeto, permitiu uma segunda coleta de dados adaptada aos novos objetivos, nesse caso, o de estudar as questões relacionadas à própria produção e representação de modelos.

Quanto à coleta de dados, consideramos que tenha contribuído principalmente para o aprimoramento da entrevista, já que focalizamos algumas questões de maior relevância para os nossos novos objetivos e reformulamos outras. A reflexão sobre a atividade em si também trouxe algumas modificações para o planejamento da sequência didática, o que consideramos

comum, pois na prática docente realizamos constantemente ajustes de atividades em construção. A análise qualitativa das imagens no estudo piloto ainda trouxe uma prática importante para a intervenção final, já que simplificamos algumas categorias de análise e o número da amostra.

7 RESULTADOS

7.1 Análise de produção das atividades

7.1.1 Execução da atividade

Uma informação valiosa para a investigação é a de conhecer se os estudantes se engajaram nos processos sociais de comunicação de seus modelos. Apresentamos a seguir os resultados das atividades entregues referentes às três aulas de modelagem, sendo que no quadro 16 apresentamos o número absoluto de entregas e na figura 10 a taxa relativa de entrega. Os dados apresentados são brutos, isso significa que não são consideradas nem faltas, nem possíveis problemas na entrega de atividades executadas. As produções foram coletadas em cada uma das aulas de modelagem, devolvendo as mesmas na aula seguinte.

Atividade	Total de entregas
1	76
2	76
3	76
4	70
5	75
6	70
7	68
8	56
9	40

Quadro 16 - Número total de entregas (n=84)

Figura 10 - Taxa de entrega em relação a cada atividade após os três dias de atividade (n=84)

Observamos que até a atividade 7 há uma taxa de entrega que supera 80%, havendo a sua redução na atividade 8 e, ainda mais significativa, na atividade 9. Ressaltamos que, ao total, houve três aulas destinadas à modelagem e, assim, às coletas das atividades. Na primeira aula, coletou-se as atividades produzidas naquela aula; na segunda aula, recebeu-se as atividades atrasadas da primeira aula e aquelas desenvolvidas no mesmo dia e; por último, na terceira aula, recebeu-se as atividades atrasadas referentes à primeira e segunda aula, além daquelas destinadas ao último dia de produção.

7.1.2 Análises dos níveis de representação empregados e da conservação qualitativa das representações

Buscamos, então, investigar as características das produções realizadas. Apresentamos, abaixo, as categorias construídas para a análise das produções.

- (i) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível macro.
- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (iii) O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

A seguir, apresentamos uma produção de cada atividade e a respectiva categorização feita da mesma. O objetivo é exemplificar como foi efetuada essa etapa pelo pesquisador.

- Atividade 1

Figura 11 - Exemplo de produção da atividade 1

- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Podemos observar na produção a construção de moléculas da substância água somente e todas são idênticas entre si, alterando somente a posição no espaço.

- Atividade 2

Figura 12 - Exemplo de produção da atividade 2

- (iii) O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Observamos, nesse caso, uma pintura contínua em amarelo, o que para nós é evidência de que o estudante procura descrever aspectos da substância em nível macro, ainda que não saiba qual seja a cor da substância nesse nível. Entretanto, também há a presença das moléculas de metanol, de modo que também somente há alteração de sua posição espacial.

- Atividade 3

Figura 13 - Exemplo de produção da atividade 3

- (iii) O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

A linha contínua nos sugere que o estudante busca representar abaixo da mesma os aspectos macro da mesma. Entretanto, novamente, aparecem as representações em nível submicro das moléculas que compõem a substância, de modo a conservar qualitativamente seus aspectos.

- Atividade 4

Figura 14 - Exemplo de produção da atividade 4

- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Podemos observar na produção a construção de moléculas da substância de água e de átomos de sódio e cloro, considerados pelos alunos, todos idênticos entre si, alterando somente a posição no espaço. É importante lembrar que a questão da solubilização da substância, em que há a separação do sódio e do cloro é discutida. Apesar de ser limitado quanto à precisão dos conceitos, já que, por exemplo, o sódio e o cloro em realidade estão na forma de íons quando solvatados, este é um conhecimento provisório que permite a construção da ideia de solvatação.

- Atividade 5

Figura 15 - Exemplo de produção da atividade 5

- (iii) O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Consideramos que haja a representação em nível macro porque na representação da transformação do processo, observamos uma espécie de “fumaça” que acompanha a sublimação. Dessa maneira, acreditamos que o aluno mescle os dois níveis de representação. A equação para o processo físico é apresentada corretamente, apesar de ter sido mostrado em somente um sentido. Os tamanhos e coloração das partículas não são muito precisos, mas ao mesmo tempo não observamos evidências de erros sobre a conservação qualitativa da matéria.

- Atividade 6

Figura 16 - Exemplo de produção da atividade 6

- (iii) O aluno, em sua atividade, representou tanto o nível macro como o submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Observamos no tubo de ensaio final representado a coloração amarela de fundo, novamente indicando aspectos do nível macro. Por outro lado, todas as partículas componentes do nível submicro estão presentes e de modo correto considerando o modelo atômico de Dalton, é dizer, as substâncias finais são formadas pela reorganização do que já está presente. Por último, observamos a presença também da equação química, representação em nível simbólico do processo.

- Atividade 7

Figura 17 - Exemplo de produção da atividade 7

- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Nesse caso observamos que o nível submicro não é representado somente por signos de caráter icônico, mas sim de caráter simbólico também. Novamente não há uma precisão de determinados aspectos teóricos, como a quantidade de ligações que cada elemento pode realizar, porém o mais importante para nós no momento é a ideia de que cada substância é formada por seus constituintes de modo separado, o que fica mais evidente na representação em nível submicro. A equação química é apresentada abaixo corretamente.

- Atividade 8

Figura 18 - Exemplo de produção da atividade 8

- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Nessa atividade observamos a representação em nível submicro a partir de signos icônicos somente. Outro detalhe da imagem interessante é a contagem de átomos de cada elemento, o que acreditamos ser facilitado e explicitado pelo uso da representação. Há presença correta da equação química bem como conservação qualitativa da matéria.

- Atividade 9

Figura 19 - Exemplo de produção da atividade 9

- (ii) O aluno, em sua atividade, representou somente o nível submicro.
- (iv) O aluno, em sua atividade, apresentou a equação química do processo.
- (v) O aluno, em sua atividade, respeitou a conservação qualitativa da matéria.

Mais uma vez a representação em nível submicro apresenta signos simbólicos também. Observamos alguns erros na equação química, como letras minúsculas no início do símbolo do elemento e o número “3” não está subscrito, porém a equação química está presente e de modo geral há o respeito aos aspectos qualitativos.

Sendo assim, separamos os resultados das análises realizadas em duas questões principais.

1. Nível de representação empregado.
2. Conservação qualitativa da matéria.

Os resultados estão representados abaixo na Figura 20.

Figura 20 - Percentual de nível de representação apresentado em função de cada atividade proposta

Observamos, de modo geral, que as atividades da “modelagem básica”, na qual os sistemas eram mais simples e não apresentavam uma transformação química, os estudantes recorreram à representação da estrutura da matéria e suas transformações principalmente em nível submicro e na combinação dos níveis submicro e macro, ou seja, sempre atingem o objetivo da atividade mais importante que é o de se envolver nas tarefas de comunicação dos seus modelos sobre a matéria no nível submicro. Conforme as atividades tornaram-se mais complexas, sobretudo a partir da atividade 6, observa-se que parte das atividades apresenta somente a equação química do processo ou mesmo somente a natureza contínua do processo, o que não permite o estudante se envolver em atividades de negociação de suas representações em nível submicro.

1. Quanto à conservação qualitativa da matéria.

Em relação à análise de conservação qualitativa da matéria, obtivemos os seguintes resultados, apresentados na Figura 21.

Figura 21 - Taxa de atividades entregues que apresentam "conservação qualitativa da matéria"

Como descrito na metodologia, as atividades que consideramos apresentar a conservação qualitativa da matéria, basicamente, tratam-se daquelas em que as entidades representadas ao longo do processo continuam inalteradas, apenas recombinaas entre as diferentes substâncias ou, no caso de processos físicos, apenas o estado de agregação entre estas são alterados.

As atividades que representavam somente o nível macro ou simbólico (equação química) foram categorizadas como aquelas que não apresentaram a conservação qualitativa da matéria, pois também não atingiam o sucesso da mesma. Apresentamos de modo mais detalhado, as principais características das atividades que, mesmo representando as transformações em nível submicro, consideramos não respeitar a conservação qualitativa.

- Não haver representação da ligação entre átomos de uma mesma molécula, dificultando compreender a diferença entre o que é molecular e o que é intermolecular.
- Molécula representada não condiz com a substância a ser modelada.

- Apresentação de somente uma molécula, não sendo possível interpretar o estado físico em função dos espaçamentos intermolecular.
- Molécula é rompida na evaporação.
- Representação confusa, não é possível determinar os componentes presentes.
- Há separação de fases em um sistema no qual não há.
- Dois ou mais compostos são representados todos juntos.
- Não há presença de um composto do sistema.
- Não chega a representar o sistema final, após a transformação, somente os reagentes iniciais.
- Não há clara diferenciação entre reagente e produto.

Consideramos que os estudantes tiveram um bom aproveitamento na execução de suas atividades, com exceção da atividade 8, na qual os estudante não chegaram a representar muitas das vezes as substâncias em nível submicro. Consideramos que um dos motivos do baixo rendimento foi a confusão na interpretação da fórmula $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a qual era bastante diferente das demais substâncias.

7.2 Observações em campo

Aqui, buscaremos de maneira mais livre, relatar as impressões do pesquisador sobre as três aulas de modelagem realizadas. Consideramos que estas podem colaborar ao leitor uma visão mais clara da atividade e colaborar com aqueles que buscam realizar investigações ou planejar aulas em relação à proposta de modelagem.

Primeiramente, mostrou-se muito importante a primeira atividade ser sobre um sistema do qual grande parte dos alunos já tivesse maior contato e, nesse caso, foi escolhida a representação da água em nível atômico. Isso por uma razão central: os estudantes precisam de modelos a ser seguidos e, sendo assim, para iniciar a sua produção devem ter alguma referência conhecida. No andamento da atividade, em que produção mais complexas eram apresentadas, as produções já produzidas pelos alunos sempre eram de grande valor para o professor-pesquisador apontar, solicitar que alguns aspectos fossem mantidos, sugerir que outros fossem aprimorados, na nova modelagem realizada. Uma vez que os modelos eram constantemente externalizados, as oportunidades de intervenção adaptadas a cada um dos alunos se mostravam mais frequentes e potencializadas.

A dinâmica da sala de aula do terceiro dia de modelagem foi completamente diferente em relação ao primeiro. Dado que a atividade proposta é diferente do habitual, leva-se um tempo para os alunos se acostumarem e se sentirem confortáveis com os procedimentos. Consideramos que tal adaptação possa ser dificultada ou facilitada em função das características das turmas em relação ao hábito com atividades práticas. Mostra-se, portanto, de suma importância a existência de objetivos claros e manutenção de boa organização das atividades.

O professor não tem o controle de todas as interações que ocorrem e, inclusive, algumas delas podem gerar grande desconforto uma vez que os estudantes podem não estar aderidos à atividade ou mesmo a realizando com baixa produtividade. Consideramos que essas situações devem ser problematizadas com bastante transparência, pois podem muitas vezes desmotivar que propostas mais abertas sejam planejadas com maior frequência.

Em sala de aula, os alunos construíam as suas representações em duplas com o suporte das orientações e acesso aos vídeos (nos caso das atividades 5-9), portanto, as orientações comumente não eram dadas a um aluno em específico, mas à dupla. Entretanto, conforme havia mudanças mais significativas nas atividades e os objetivos se tornavam mais complexos, o professor criava grupos de discussão maiores, envolvendo a sala toda. Eram apresentadas diferentes representações produzidas pelos alunos e, a partir delas, discutiam-se aspectos que estavam dentro dos objetivos propostos e aspectos que deveriam ser revistos. Um desses aspectos discutido era o nível de representação, sendo que quando os alunos representavam o nível macro era questionado a sua necessidade, ou seja, não era vetado seu uso, mas sugeria-se nessa discussão que a presença do nível macro era dispensável para o seu êxito. Observou-se o uso constante dos vídeos nas atividades em que estes eram disponibilizados, sendo que para seu acesso foi reservado um computador ou tablete para cada dupla. Essa observação gerou grande interesse em aprofundar a sua compreensão, pois a princípio, a visualização do nível macro da matéria não oferece elementos suficientes para a representação em nível submicro (Vries & Arroio, 2017). Além de folhas sulfite, foi disponibilizado lápis de cor com cores variadas.

7.3 Entrevistas

Apresentamos nas próximas subseções os principais trechos da entrevista, separados pelas categorias apontadas na seção metodológica, sendo estas.

1. As experiências prévias dos estudantes com a atividade de modelagem;
2. As percepções dos estudantes quanto à clareza dos objetivos propostos nas atividades e as suas percepções quanto às facilidades e dificuldades encontradas na execução das mesmas;
3. As concepções dos estudantes sobre os papéis que a atividade desempenha em sua aprendizagem;
4. A importância da realização da atividade de modelagem em dupla;
5. A importância da visualização dos vídeos dos experimentos durante a execução da atividade.

7.3.1 Categoria 1: Experiências prévias

Perguntamos aos estudantes se eles já haviam realizado “alguma atividade como essa anteriormente, ou não?”. As respostas distribuíram-se da seguinte maneira.

A1: Não.

A2: Eu acho que a gente fez algumas no sexto ano na verdade. A gente fez um pouco de desenho e trabalhamos um pouco com os modelos tridimensionais no sexto, no começo eu acho...

A1: É já aconteceu da gente fazer atividade, principalmente de ciências naturais com desenho.

P: Ano passado parece que vocês fizeram pelo menos das partículas, para entender o movimento das partículas...

A1: Sim.

P: Mas essa noção de partícula você já tinha um pouco eu imagino...

A1 e A2: Sim.

A3: Não, eu já tinha representado, porque eu aprendi no ano passado isso.

P: Mas então você usava as equações químicas e as transformava para bolinhas, desenhos...?

A3: Então, o professor desenhava as bolinhas, mas ele fazia na lousa, não era a gente que fazia, acho que esse ano eu estou exercitando mais, mas a gente tinha essas coisas de fazer equação.

A4: A gente já fez isso aqui na escola, mas foi para escrever a evaporação...

P: As transformações físicas, certo? Especialmente ano passado.

A4: Sim, mas nada de fórmula química.

A6: No ano passado a gente desenhava algumas coisas assim, tipo, as partículas.

A5: Mas era bem pouco.

A6: É, era bem pouco. Acho que o que eu mais tive dificuldade foi na equação. Nas fórmulas de cada molécula, de reconhecer o que era cada um, como, “Na” era... Não lembro o que era.

P: O sódio.

A6: Sódio. Então acho que essa foi a minha maior dificuldade. E, talvez, na hora de desenhar, tipo, essa questão de ter que representar que as partículas estavam todas juntas, tipo aglomeradas. Porque eu tinha a desenhado só como ficavam as partículas. Tipo, aqui, uma partícula só, e não tinha feito esses pontinhos aqui que mostravam...

A5: Aglomeração.

A6: Aglomeração, que elas estavam unidas e tinha várias delas. Mas depois, tipo, mais pra frente eu entendi o que tinha que fazer foi mais tranquilo.

A7: Não, acho que não, nunca tinha feito isso e quando começou a atividade eu estava com dúvida se eu fazia com átomos assim ou as moléculas só, mas depois eu entendi que era com as moléculas.

P: Como assim com os átomos só?

A7: Ah então, com os átomos, não com as moléculas, porque eu estava pensando em representar uma molécula de água inteira como uma bolinha só e não com os três átomos.

P: Entendi, mas poderia ser feito certo? Uma bolinha representando toda a molécula de água?

A7: Mas eu acho melhor fazer assim porque, por exemplo, na segunda ficha para representar coisas assim (aluno se refere às atividades 5 e 6) seria mais fácil como uma união de átomos do que uma partícula.

P: Verdade.

A7: Aqui, por exemplo, eu fiz o iodo, a molécula de iodo, como partícula e essas outras moléculas como átomos.

A8: Já, ano passado, eu acho... Na verdade, do desenho não, eu lembro que a gente chegou a fazer um pouco desse de balancear as equações, aí eu desenhava as partículas assim, para balancear.

A9: Eu não lembro direito, mas eu acho que a gente fez no oitavo ou no nono (ano)... Mas eu lembro que a gente fez no fundamental, logo que a gente começou a estudar um pouco de modelos, essas coisas, mas eu não lembro muito como foi.

P: E você acha que essa atividade que você fez, foi mais parecida com qual parte?

A9: Eu acho que foi mais parecida com o primeiro (“modelagem básica”), a gente não chegou a representar transformações.

A10: Não, eu acho que no fundamental a gente fez atividades assim para explicar, por exemplo, o calor, no nono ano a gente fez atividade desse tipo, para a gente saber um pouco da energia que tem dos átomos, assim, a energia cinética dos átomos seria a energia térmica.

P: Você lembra?

A11: Eu lembro

P: Então, você considera que ter feito aquilo, facilitou para você ter feito agora... foi nesse mesmo caminho?

A10: Ah, ajudou nas transformações físicas, eu não sabia muito bem sobre as transformações químicas, porque eu não sei muito bem sobre os átomos, então, por exemplo, que tipo de ligação eles fazem, quantas ligações eles fazem, como eles se organizam na substância, mas eu acho que com essas atividades ficou muito fácil entender como os átomos se distribuem no espaço e como é que tem essas transformações e como é que eles se movimentam, então ficou fácil representar no papel.

Identificamos que os estudantes que estudaram no ensino fundamental na mesma instituição tiveram, de modo geral, experiências simples com a atividade de modelagem, distribuídas pelo 6º ano e 9º ano principalmente, havendo uma recordação heterogênea entre

os mesmos. Nessas, o principal objetivo foi em relação à explicação de transformações físicas como é possível inferir pelas passagens “A6: No ano passado a gente desenhava algumas coisas assim, tipo, as partículas. A5: Mas era bem pouco.”, “A8: Já, ano passado, eu acho... Na verdade, do desenho não, eu lembro que a gente chegou a fazer um pouco desse de balancear as equações (...)” “A9: Eu não lembro direito, mas eu acho que a gente fez no oitavo ou no nono (ano)... Mas eu lembro que a gente fez no fundamental (...)” e “A10: Não, eu acho que no fundamental a gente fez atividades assim para explicar, por exemplo, o calor.”. Em relação à estudante entrevistada que veio de outra instituição naquele ano, relata que teve experiência com o assunto de estrutura da matéria e suas transformações, mas de maneira bastante transmissiva e na qual realizavam exercícios, sobretudo nos aspectos simbólicos, como expresso pela passagem “A3: Então, o professor desenhava as bolinhas, mas ele fazia na lousa, não era a gente que fazia, acho que esse ano eu estou exercitando mais, mas a gente tinha essas coisas de fazer equação.”.

7.3.2 Categoria 2: Clareza do objetivo e percepções sobre as facilidades e dificuldades

Perguntamos aos estudantes se eles consideravam se “estava claro o que era para ser feito na atividade?”. As respostas distribuíram-se da seguinte maneira

A2: Eu acho que sim.

A1: Ah eu também acho que ficou bem claro, a questão que eu tive dificuldade na atividade foi em desenhar a partícula que eu não sei exatamente como ela vai se organizar, isso eu acho meio preocupante assim.

P: Foi difícil entender o que tinha que fazer, foi fácil, como que era?

A4: Não foi muito difícil, mas a parte de... É meio cansativo assim, mas não foi muito difícil de fazer.

A3: É eu achei que é mais complicado desenhar, porque além de ter que desenhar tem aquelas questões depois de geometria e tal que eu aprendi também, mas eu não achei tão difícil, mas eu acho bom para exercitar.

A5: Ah eu acho que ficou bem claro como devia que ser feito... É, basicamente isso.

P: Você entendeu a todo o momento que era para ser feito, talvez você tenha demorado um pouco mais?

A7: Eu demorei.

P: Mas você sabia que era para ser feito?

A7: Sim.

A8: Eu acho que sim, que era para representar como que seria essa molécula de água, com dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio...

P: Sim, mas ao invés de eu pedir para desenhar uma única molécula, eu pedi para pensar assim, como que a gente imagina um copo nesse nível de partículas?

A8: Sim.

A9: Sim, eu acho que sim, eu acho que não gerou grandes dúvidas e acho que ajudou muito a compreender a coisa dos modelos.

P: De qual parte?

A9: Acho que de todos na verdade, principalmente esse que eu estava um pouco um pouco de dificuldade, porque eu acho que quando você desenha fica muito mais fácil de fazer o balanceamento.

P: Mas tem espaço entre elas... Quando começou atividade, vocês acham que ficou claro o que era para ser feito? Teve hora que gerou dúvidas? Como que foi pra tirar essa dúvida?

A10: Olha eu acho que no começo ficou bem claro, era bem facinho falar sobre as transformações físicas, agora nas transformações químicas tinha no dia 2 o que a gente fez, o exercício 2, que a gente representava as transformações por meio dos átomos eu não entendi muito bem o que era para fazer, o que eu fiz mesmo foi substituir as fórmulas químicas pelos átomos, então por exemplo um átomo de sal ao invés de representar ele com letras eu representei ele com átomos e aí eu coloquei o símbolo de soma e fiz a outra substância que reagia... fiz a setinha, então não sei, não entendi muito bem o que era para fazer nessa atividade.

Buscou-se, ainda, investigar as percepções dos estudantes sobre as principais facilidades e dificuldades encontradas na dinâmica das aulas. Abaixo seguem alguns trechos da entrevista que abordam essa questão.

P: E vocês pessoalmente, mas também se puderem comentar sobre o que acharam que aconteceu com os colegas, essa atividade é fácil, é difícil, como ela é?

A2: Ela não é difícil, ela é fácil, mas ela pode ficar um pouco mais trabalhosa quando aparecem moléculas maiores tipo a do dicromato de amônio.

P: De modo geral, assim, considerando tanto as primeiras como as demais, vocês consideram que, de maneira geral, foi fácil? Foi difícil? O que vocês viram sobre os colegas de vocês fazendo as atividades, como vocês acham que eles lidam com ela?

A6: Pra mim, acho que a maior dificuldade foi ver como que de fato a molécula ia ficar organizada, por exemplo: pra desenhar essa daqui, eu lembro de ter te perguntado várias vezes, em todas as moléculas, como que eu ia desenhar, tipo, por mais que eu imagine... [A5: Onde eu vou colocar cada uma.] Quando você fala, tipo, “Ah, N O 3. E aí você desenha isso”, tipo, por mais que eu saiba tem uma molécula desse e três desse, eu acho que na hora de desenhar eu me embaralho um pouco, tipo, e como elas vão estar organizadas.

P: Você quer desenhar o jeito certo...

A6: É, tipo, como é que elas vão estar organizadas, porque eu desenho, só que sei que elas não se organizam assim, mas eu sei que tem essa quantidade, esses átomos dentro dessa molécula. Então, eu acho que essa foi minha maior dificuldade, mas de forma geral, os desenhos em si eu não achei uma atividade difícil.

P: Entendi... Para você pessoalmente falando, você acha que foi difícil fazer atividade, você acha que ela é fácil?

A7: Não, acho que foi legal, foi divertido, eu gostei de desenhar. A única questão é que eu me distraí bastante, não posso negar isso.

P: Ela não foi tão simples? Você lembra o que surgiu de dificuldade, o que você teve que perguntar?

A8: Deixa eu pensar, preciso dar uma olhada... Ah nessas daqui que tinha, dessa desidratação do sulfato de cobre, que tinha que

representar, mas que era uma molécula muito complexa e aí eu não fazia ideia de como representar esse tipo, isso em uma coisa só, aí eu meio que chutei assim porque não sabia como que era.

P: É, mas essa é a nossa ideia se for uma substância só, estamos juntando todos os átomos, não importa a ordem.

A8: Aí daqui para cá passando, quando eu fui fazer o metanol evaporando, que até aqui eu já tinha feito com os átomos, aí eu percebi que ia ser muito difícil fazer isso e diferenciar o estado líquido do gasoso aí optei fazer só as bolinhas e depois mostrar o que seria cada uma aqui...

P: [...] Sobre a turma em geral, você acha que encontraram muita dificuldade, se achava difícil, achava fácil?

A8: Ah, eu acho que talvez fazer as representações a maioria acha que consegue com maior facilidade, tem uma outra parte que acha mais difícil, por exemplo, aquela que tem uma estrutura mais complicada assim talvez seja mais difícil e talvez balancear as equações seja um pouco difícil, porque meio que não tem uma fórmula, você tem que ir estimando e às vezes quando não é uma coisa muito fácil, direta, multiplica por 2 de um lado já funciona, eu acho que as pessoas travam e eu também.

P: Ah sim, mas se já estão se arriscando daqui a pouco pegam o jeito, eu acho que o maior problema é quando trava não tenta fazer.

A8: É, eu acho que não teve isso, todo mundo conseguiu se arriscar a fazer.

P: Legal, você lembra de algum momento que gerou mais dificuldade, que você teve que procurar mais ajuda para fazer...

A9: Eu acho que eu precisei mais do começo, para pegar mais o experimento, mas eu não tive tanta dificuldade depois... Nessa aqui um pouco essa coisa de balancear, mas isso ajudou também, isso fazer na... aqui ajudou bastante já.

Observa-se que os estudantes não encontraram maiores dificuldades quanto ao objetivo principal da atividade, o de representar as unidades discretas que constituem as substâncias que observamos de modo contínuo como pode evidenciar pelas passagens “A1: A1: Ah eu também acho que ficou bem claro (...)”, “A4: É meio cansativo assim, mas não foi muito difícil de fazer.”, “A5: Ah eu acho que ficou bem claro como devia que ser feito” e “A9: Sim, eu acho que sim, eu acho que não gerou grandes dúvidas e acho que ajudou muito a compreender a coisa dos modelos.”, por exemplo.

Apontam que se sentiram desafiados a etapas de maior complexidade como exemplificado nos trechos “A1: [...] a questão que eu tive dificuldade na atividade foi em desenhar a partícula que eu não sei exatamente como ela vai se organizar”, “A2: ela pode ficar um pouco mais trabalhosa quando aparecem *moléculas* maiores tipo a do dicromato de amônio”, “A6: Pra mim, acho que a maior dificuldade foi ver como que de fato a molécula ia ficar organizada” e “A8: Ah, eu acho que talvez fazer as representações a maioria acha que consegue com maior facilidade, tem uma outra parte que acha mais difícil, por exemplo, aquela que tem uma estrutura mais complicada assim talvez seja mais difícil (...)”. Sendo assim, consideramos que as respostas corroboram com a nossa inferência realizada a partir taxa de entrega da atividade ser alta, a de que os estudantes compreenderam os objetivos da atividade e, assim, foram capazes de se engajar nas tarefas de representação e comunicação de seus modelos sobre a estrutura da matéria e de suas transformações, sendo as dificuldades relatadas não prejudiciais ao cerne da modelagem. Observamos que conforme a atividade foi se tornando mais complexa, a taxa de entrega apresentou queda e os níveis de representação que não apresentam a “representação em nível submicro” aumentam, de modo significativo nas atividade 6, 7 e 8, principalmente, como podemos observar na figura 20.

7.3.3 Categoria 3: Papeis da atividade de modelagem

Buscou-se analisar as percepções dos estudantes sobre a relevância de se ter realizado a modelagem das transformações físicas e químicas em relação a dois objetivos principais, (i) o de esta ser uma maneira eficaz de se realizar o balanceamento da equação química e (ii) o desta ser uma maneira de se compreender de maneira mais profundo o que ocorre nas transformações, em outras palavras, realizar a transição entre os níveis macro e submicro. Abaixo seguem alguns trechos da entrevista que abordam essa questão.

P: [...] O quanto vocês acham que isso (realizar a construção e representação dos modelos sobre as transformações físicas e químicas) é útil para essas duas finalidades: uma é balancear e a outra é visualizar como acontece o processo?

A2: Eu acho que definitivamente ajuda...

P: Para qual dos aspectos?

A2: Para os dois, porque quando você olha para a fórmula química claro que dá para você perceber tudo, dá para balancear direito, onde foi parar em cada elemento, mas quando você desenha você visualmente vê o desenho, cada átomo de uma partícula que tinha para onde que ela foi, como é o seu arranjo, se arranhou, então fica mais claro para você ver se está faltando alguma ou está sobrando alguma para você balancear, tanto para você entender para onde foi cada uma.

A1: É, eu acho que para a introdução da química... porque é muito difícil, acho que para ciências naturais principalmente, física e química, conseguir explicar simplesmente uma coisa que está acontecendo mas que você não está vendo, então quando você desenha para uma pessoa que está sendo introduzida agora fica muito fácil de você identificar, fica mais fácil de fazer depois... você já cria a imagem na cabeça na hora de fazer a fórmula mesmo sem o desenho, mas para as pessoas que eu acho que tem um pouco mais de interesse na matéria... Claro você não tem que colocar a vontade de três pessoas acima de todo mundo, mas para as pessoas que já fizeram uma pesquisa prévia, ou tem interesse na matéria, acho que o desenho fica um pouco repetitivo assim... Claro, tem coisas novas que você aprende em cada desenho, mas na grande maioria quando você está pensando no balanceamento, normalmente quando você já está familiarizado com o modelo atômico conecta mais rápido.

A3: Eu acho que fazer o desenho ajuda bastante a visualizar como está sendo feita a transformação, porque principalmente física dá para ver... Na verdade química, quando aparece uma nova ou quando separa duas substâncias fica melhor de visualizar, mas eu achei bem interessante que eu sempre fiz a equação primeiro e depois as bolinhas e ajudou bastante na hora de balancear, depois para passear para bolinha porque já estava tudo separadinho.

P: Então você fez primeiro o balanceamento e depois o desenho?

A3: Isso.

A4: Basicamente o que ela disse, ajuda bastante na hora de balancear e a exemplificar a equação para entender melhor o que são aquelas letras...

A6: Ah, acho que o da água, talvez, foi o mais fácil, porque todo mundo meio que sabe que... Não só na água, mas qualquer substância, todo mundo sabe que tem moléculas ali por trás que vão compor aquilo, mas não necessariamente que ela se organizam, tipo, desse modo, ou [A5: De uma certa forma] que todas são iguais, que todos vão ter a mesma estrutura sempre.

A5: O negócio da aglomeração, também.

A6: Acho que, talvez, o mais difícil de imaginar, pra desenhar foi o C (atividade 3), que tinha que desenhar o material evaporando. Que, daí, foi o mais difícil de imaginar como seriam, tipo... as partículas evaporando

A5 (ao mesmo tempo): As partículas evaporando.

A6: Se, tipo, elas teriam a mesma organização, como que seria.

A5: As partículas se dividindo.

A5: Eu achei fácil, também.

A6: Acho que mais difícil do que os desenhos foi a parte do balanceamento, depois.

A5: É, o balanceamento no começo foi bem difícil mas depois você pega o jeito, então, é mais fácil.

P: Bacana. A questão de fazer, de representar uma equação química como um desenho: o quanto vocês acham que isso ajuda a fazer o balanceamento da equação? (Se isso ajuda ou não ajuda, se já ajudou um dia mas não ajuda mais, enfim, todas as possibilidades). E a segunda pergunta é: o quanto desenhar estas reações químicas ajuda a visualizar como que ocorre o processo da reação química? (...)

A6: Acho que, pra mim, desenhar ajuda mais a entender como que estão as moléculas, como que elas estão organizadas, do que no balanceamento, porque, pra balancear, eu costumo escrever o quanto tem de cada substância do lado do reagente e do lado do produto e eu vejo o que tem a mais, o que tem a menos. Eu faço mais por base da escrita e eu acho que isso facilita pra mim. Mas o desenho me ajuda entender melhor como que vão estar organizadas, por exemplo: depois de balancear. Pra balancear você põe o número antes da molécula, isso foi uma coisa que, por exemplo, hoje eu me atrapalhei. Aqui eu desenhei todas juntas, eu não sabia que eram, tipo, quatro moléculas diferentes, então desenhar me faz entender a organização das moléculas, mas não, tipo, me ajuda a balancear, porque eu acho que não faz muita diferença o desenho na hora de balancear, acho que eu prefiro trabalhar com números do que com desenho.

A5: Eu também prefiro muito mais trabalhar com número do que com o desenho. Mas ajuda, de qualquer forma ajuda. Acho que desenhar ajuda um pouco, na hora de balancear a equação.

P: E vocês acham que o desenho ajuda a entender como uma reação química acontece? Mais do que vendo apenas as fórmulas, ou vocês acham que o desenho si não é diferencial?

(A5: Eu acho que não.)

A6: Ah, eu não sei se ajuda, assim em si, mas eu acho que ele deixa mais claro o resultado, por exemplo: na parte anterior você consegue

ver, aqui, o dicromato de amônio. Você consegue ver que tava tudo junto e aí, aqui, você vê que tudo separou e ficou diferente. Então você consegue ver que, de fato, a molécula muda, a sua estrutura. Quando você vê aqui você fala 'ah, é a mesma substância'. Tipo, quando você vê só o nome, tudo igual, assim, não parece que muda tanto. Mas quando você desenha, você consegue ver de fato a mudança na estrutura da molécula. Eu acho que não ajuda, mas deixa claro pra pessoa observar, assim, como fica.

A5: É mais fácil de entender, depois.

P: Entendi, o que eu tinha para perguntar era mais ou menos isso, se você viu propósito na atividade, se você viu bem a relação dessas representações com a realidade, porque representa a mesma coisa...

A7: É, é difícil de visualizar, mas quando você pensa em uma mega piscina de bolinhas...

P: Você faz essa analogia... Bacana, cada um vai achando um jeito de ver sentido nisso.

A7: É, mas as bolinhas coloridas são coloridas, mas acho que átomos são um pouco mais difíceis de fazer essa relação.

P: A primeira pergunta que eu tinha para fazer é a seguinte, eu pedi no dia para a gente representar um recipiente com água, só que em nível de partícula, ou seja, ao invés de fazer um desenho da água como a gente vê, como a gente vê isso em partículas, mesmo para o metanol e para as outras substâncias. O quanto você vê de relação que existe entre essa sua representação e um copo de água "de verdade", ou isso aqui com um copo de uma substância "de verdade", como é que isso representa aquilo para você?

A7: Ah, eu entendo muito bem, eu só acho que a minha representação é péssima.

P: Ah não, eu acho que está boa, sinceramente está muito boa.

A7: Se eu pudesse dar um zoom em um copo, assim, o suficiente para ver os átomos eu entenderia.

P: Você vê uma relação clara disso com a realidade?

A7: Eu só acho que teria muito mais átomos do que esse que eu desenhei.

P: Ah, isso é verdade também, teria muito muito mais.

A7: Seria legal ver as ondinhas assim.

P: Como seria ver as ondinhas?

A7: Não sei eu imagino uma piscina de bolinhas gigante, como uma onda assim.

P: E aí o movimento que você vê de ondas, é o movimento que as partículas estariam fazendo...

A7: Estariam fazendo.

A8: Eu acho que para balancear a equação quando você olha e já tem visualmente as bolinhas, assim, é mais fácil para você pensar o quanto você tem que passar para cada lado do que só com os números porque são muitos números e isso deixa um pouco confuso, se você vê as bolinhas, você vê que aqui tem mais, aqui tem menos, aqui está igual, eu acho mais fácil e eu acho que para pensar como um processo, também acho que facilita bastante porque você vê realmente uma matéria, o que seria a presença de uma matéria se deslocando. Os números não fazem isso, mas as bolinhas fazem.

P: Eu vi muita gente balanceando sem nem fazer o desenho, então para balancear talvez seja uma necessidade fazer o desenho para algumas pessoas e para outras pessoas não, mas para fazer o processo eu achei que...

A8: Ah eu achei mais fácil porque quando é uma equação que é simples de balancear tudo bem fazer direto com os números, mas quando você tem que fazer mais uma etapa, várias estimativas, aí eu acho que as bolinhas facilitam.

P: Você consegue explicar até o que significa fazer essa representação, eu quero dizer, o que a gente vê é um copo com um líquido transparente e pensar que aquilo ali é formado pela união de muitas partículas de H_2O é pura abstração e como que é para você assim pensar que isso representa um copo de água, ver justamente como é essa transição, qual que é a relação disso com o copo de água "de verdade".

A8: Ah, eu acho que realmente você tem que fazer um exercício de abstração porque quando você olha um copo de água você só vem um copo de água e aí quando, eu pelo menos, olho esse desenho eu não imagino que um copo da água com um monte desses negocinhos, eu só realmente peguei a fórmula assim e tentei imaginar como que seria, mas pensei mais nas moléculas individuais do que como se elas tivessem todas juntas como que dentro de um copo assim.

P: Para você é mais fácil ver o individual do que... Legal. Por que que você faz esse risquinho, assim, por exemplo?

A8: Para diferenciar o átomo de hidrogênio do de oxigênio.

P: Ah não, digo esse aqui que delimita até onde vão as partículas.

A8: Ah não sei, foi uma representação do volume de água só.

P: É porque para mim eu vejo duas coisas ao mesmo tempo, vejo como se fosse um desenho do contínuo, da matéria como a gente vê, misturado com o desenho da partícula.

A8: É, é um problema eu acho, talvez.

P: Não, não é um problema, eu digo, parece ser uma necessidade de muitos de vocês de desenhar as duas coisas ao mesmo tempo.

A8: (Rs) Sim.

A9: Eu acho que colaborou com as duas porque quando você está desenhando, você vê mais concretamente para onde as coisas foram do que simplesmente analisando a linguagem simbólica da equação.

P: Entendi, mas a questão mais prática de balancear, você também acha que ajuda...

A9: Ajudou sim, porque inclusive você tem uma coisa mais visível quantas partículas precisam a mais...

A10: Quando você faz nesse formato ajuda a ter um pouco mais de noção das proporções dos átomos para fazer o balanceamento.

P: Você disse que ficou mais fácil de entender como que a transformação acontece?

A10: Ficou mais fácil de entender como que eles se movimentam, ficou mais fácil de representar eles no papel porque a gente sabia como eles se movimentavam, como eles se distribuem também.

A11: Deu para ter uma noção maior, como quando esquenta o que acontece.

P: Isso aqui é um recipiente com água em nível de partículas, agora pensa num recipiente com água "de verdade", como a gente vê, como vocês enxergam essa relação entre essa representação e a realidade, para vocês isso é claro?

A10: Então, essa representação seria uma fração do que é realmente na realidade, mas também não é exatamente porque aqui a gente representa por bolinhas, a gente não sabe exatamente como seria o átomo é mais uma coisa para entender como ele se distribuem e também o movimento deles, mas a gente não sabe exatamente como eles são.

P: É um modelo que serve para explicar algumas coisas da realidade...

A11: Mas que não mostra tudo.

A10: Explica como os átomos se comportam mas não o que são os átomos.

P: Não é uma cópia do que seria a realidade.

A10: Sim.

A11: É mais uma ampliação para entender, é uma primeira parte.

P: Fala um pouquinho mais sobre o que é essa ampliação.

A11: É porque as partículas são bem menores do que isso, são bem mais juntinhas, não existe esse vácuo.

P: Você acha que ajuda a fazer o balanceamento?

A10: Sim e para entender a transformação também acho que ajuda porque quando você faz a representação das duas substâncias, que estão nos reagentes e nos produtos, você percebe que os produtos podem ser representados por algumas partes, pelas mesmas partes que estavam nos reagentes, assim na estrutura, então eu percebi em um exercício que teve uma transformação química em que as duas substâncias que se juntaram e formaram outras duas substâncias, elas tinham estruturas muito parecidas, eu percebi que em uma transformação química os átomos não se separam todos, não sei como explicar, eu percebi que eles não se desmontam totalmente para fazer uma transformação química.

P: Isso que você está vendo sobre as transformações químicas, tanto com as letras tanto com os desenhos é possível ver, mas você acha que nesse momento ter feito com os desenhos ajudou mais ainda?

A10: Sim, ajudou a entender um pouco a estrutura porque quando a gente olha a linguagem, a escrita, a gente entende que os átomos continuam sendo os mesmos mas a gente não estabelece muita relação entre eles, eles ficam mais separados, é um pouco mais difícil também fazer o balanceamento.

A11: É, porque os números são muito jogados, eu acho que para quem está começando é mais complicado ter os números na cara do que você ver realmente o que está acontecendo com os desenhos, então eu acho que facilita.

As respostas obtidas aqui foram muito interessantes no sentido de que os estudantes atribuíram um importante significado para a atividade de construção e representação dos modelos, definidos na seção teórica como uma importante ferramenta cultural, em sua função como mediadora de pensamento e da ação (Wertsch, 1985), pois atribuíram a esta uma relevância tanto a uma ação mais prática, de balanceamento de equações, como para a

visualização do processo em nível submicro. Os seguintes trechos são muito claros quanto às funções desempenhadas pelas representações dos modelos: “A2: Para os dois, porque quando você olha para a fórmula química claro que dá para você perceber tudo, dá para balancear direito, onde foi parar em cada elemento, mas quando você desenha você visualmente vê o desenho, cada átomo de uma partícula que tinha para onde que ela foi, como é o seu arranjo, se arranjou, então fica mais claro para você ver se está faltando alguma ou está sobrando alguma para você balancear, tanto para você entender para onde foi cada uma.”, “A3: Eu acho que fazer o desenho ajuda bastante a visualizar como está sendo feita a transformação, porque principalmente física dá para ver... Na verdade química, quando aparece uma nova ou quando separa duas substâncias fica melhor de visualizar”, “A4: (...) ajuda bastante na hora de balancear e a exemplificar a equação para entender melhor o que são aquelas letras.”, “A6: Quando você vê aqui você fala 'ah, é a mesma substância'. Por exemplo, quando você vê só o nome, tudo igual, assim, não parece que muda tanto. Mas quando você desenha, você consegue ver de fato a mudança na estrutura da molécula.”, “A8: Eu acho que para balancear a equação quando você olha e já tem visualmente as bolinhas, assim, é mais fácil para você pensar o quanto você tem que passar para cada lado do que só com os números porque são muitos números e isso deixa um pouco confuso, se você vê as bolinhas, você vê que aqui tem mais, aqui tem menos, aqui está igual, eu acho mais fácil e eu acho que para pensar como um processo, também acho que facilita bastante porque você vê realmente uma matéria, o que seria a presença de uma matéria se deslocando. Os números não fazem isso, mas as bolinhas fazem.”, “A9: Eu acho que colaborou com as duas porque quando você está desenhando, você vê mais concretamente para onde as coisas foram do que simplesmente analisando a linguagem simbólica da equação.” e “A10: Sim e para entender a transformação também acho que ajuda porque quando você faz a representação das duas substâncias, que estão nos reagentes e nos produtos, você percebe que os produtos podem ser representados por algumas partes, pelas mesmas partes que estavam nos reagentes, assim na estrutura, então eu percebi em um exercício que teve uma transformação química em que as duas substâncias que se juntaram e formaram outras duas substâncias, elas tinham estruturas muito parecidas, eu percebi que em uma transformação química os átomos não se separam todos, não sei como explicar, eu percebi que eles não se desmontam totalmente para fazer uma transformação química.”.

Apresentaram, ainda, a consideração de que a atividade é importante principalmente para aqueles que estão sendo introduzidas ao curso de química, uma vez que permite debater

de modo mais significativo as fórmulas químicas tão empregadas para representar o nível macro, como exemplificado nos trechos “A1: É, eu acho que para a introdução da química... porque é muito difícil, acho que para ciências naturais principalmente, física e química, conseguir explicar simplesmente uma coisa que está acontecendo mas que você não está vendo, então quando você desenha para uma pessoa que está sendo introduzida agora fica muito fácil de você identificar, fica mais fácil de fazer depois (...)” e “A11: É, porque os números são muito jogados, eu acho que para quem está começando é mais complicado ter os números na cara do que você ver realmente o que está acontecendo com os desenhos, então eu acho que facilita.”.

A reflexão sobre a limitação dos modelos representados também apareceu na fala dos estudantes em momentos como “A7: Eu só acho que teria muito mais átomos do que esse que eu desenhei.”, “A8: Ah, eu acho que realmente você tem que fazer um exercício de abstração porque quando você olha um copo de água você só vem um copo de água e aí quando, eu pelo menos, olho esse desenho eu não imagino que um copo da água com um monte desses negocinhos, eu só realmente peguei a fórmula assim e tentei imaginar como que seria, mas pensei mais nas moléculas individuais do que como se elas tivessem todas juntas como que dentro de um copo assim.” e “A10: [...] essa representação seria uma fração do que é realmente na realidade, mas também não é exatamente porque aqui a gente representa por bolinhas, a gente não sabe exatamente como seria o átomo é mais uma coisa para entender como ele se distribuem e também o movimento deles, mas a gente não sabe exatamente como eles são. (...) Explica como os átomos se comportam mas não o que são os átomos.” Esses argumentos que indicam elementos da metavisualização (Gilbert, 2008; Locatelli, Ferreira & Arroio, 2010) são importantes indicativos de que a atividade foi significativa no aprendizado da construção e representação dos modelos e estes terem a capacidade de ser usados para situações mais diversas do que somente para o contexto da atividade proposta em si.

7.3.4 Categoria 4: Importância da realização da atividade em dupla

De acordo com o referencial sociocultural, o conhecimento emerge das interações sociais, mediadas semioticamente. Uma vez que os alunos estão dispostos sempre em duplas durante as aulas, e o professor durante a atividade atende somente uma destas por vez, a interação entre pares trata-se de uma interação muito importante para o sucesso da atividade.

Buscou-se, assim, compreender como se dava a mesma e a percepção dos estudantes sobre a sua importância.

P: [...] Vocês estão acostumados a fazer as atividades aqui na escola em dupla, mas eu queria pedir para vocês tentarem refletir um pouquinho sobre essa [atividade] mais especificamente, qual foi a importância de fazer essa atividade em dupla, se vocês ajudaram foram ajudados, como vocês vem essa questão de fazer atividade sempre em companhia e não sozinhos?

A1: Eu acho que tem os dois lados, eu acho que depende muito da pessoa, tem pessoas que têm mais facilidade de fazer as coisas sozinhas. Principalmente quando elas estão um pouco mais avançadas em determinada matéria elas ficam um pouco incomodadas de ter que fazer algo com alguém que não estão no mesmo nível que elas. Pode ser tanto acima como abaixo, mas normalmente isso acontece quando a pessoa está um pouco mais avançada e tem pessoas que tem prazer de ajudar alguém. Eu acho que vai muito para cada pessoa, mas no geral eu acho que essa atividade poderia ter sido feita individual, sem problemas.

P: Você lembra de alguma coisa mais específica de ter feito ela em dupla e ter com acontecido algum...

A2: Eu acho que eu concordo um pouco com ele, a atividade pode ser feita tanto em dupla como individualmente.

P: Mas eu perguntava sobre essa em específico, vocês se lembram de algum episódio específico que a questão de estar em dupla ajudou ou não...

A1: O exemplo que eu lembro é que quando a gente fez o exemplo do metanol tinha muitos elementos, eu estava confuso sobre como tinha que desenhar. Depois que eu descobri eu fui contando para as pessoas e as pessoas foram desenhando desse jeito. Ah, eu acho que isso ajudou um pouco a realizar a atividade, ficar um pouco mais organizada...

A3: Ah, eu fiquei no dia das atividades com um colega que também sabia fazer, então a gente ficou se ajudando bastante, e como eu já tive essa matéria e também o colega sabia bastante dessa matéria, a gente ficou se ajudando na hora de desenhar.

P: E você lembra como que era... Um mostrava como que tinha feito ou ajudava como fazer...

A3: É, às vezes ele tinha conseguido fazer e eu não sabia e aí ele me ajudava e outras vezes era ao contrário, ele me ajudava a desenhar e a gente fazia juntos os desenhos, mas de equação cada um foi fazendo porque pelo menos pra mim foi mais fácil do que os outros.

A4: Eu acho que fazer em dupla ajuda bastante assim, agrega hipóteses de como fazer de como balancear.

A5: Eu fui bastante ajudado, por que no começo eu não estava entendendo o que era para fazer, mas depois eu comecei a fazer sozinho as coisas, e eu acho que a gente não teve muita interação com a dupla só quando pediam ajuda, essas coisas, a gente ajudava.

P: Pra entender o propósito da atividade?

A6: Ah, no meu caso eu acho que foi ao contrário, porque, se eu não me engano eu acho que eu fiz com a aluna X, eu não lembro, e eu gosto muito de fazer as coisas bonitinhas, né, assim, desenhar bonitinho. Eu estava fazendo com a aluna X e a gente estava meio que compartilhando, por exemplo, o desenho, cor, um monte de coisas, assim, a gente estava fazendo bem parecido então a gente estava meio que fazendo juntas, sabe? Por exemplo, alguma que eu não sabia, ela me ajudava, alguma que ela não sabia, eu ajudava. Acho que a gente interagiu bastante, também por conta de tudo isso, e também na parte dos desenhos, em relação a como estruturar os desenhos das moléculas e tudo mais.

A7: Eu acho que ter feito isso em dupla ajudava na questão, por exemplo, esqueci o nome disso... da equação. Ter um colega do lado ajudava a entender melhor a equação como representar isso no desenho.

P: Deve ter momentos também que você ajudou?

A7: Sim, também, o meu colega que estava do meu lado ele ficou em dúvida no começo quanto a mesma questão de representar em partículas... as moléculas como partículas ou os átomos inteiros, daí eu ajudei ele um pouco.

P: Bacana. Todos os dias você fez com a mesma dupla?

A7: Não, na verdade não, sendo que um dos dias aqui eu fiz com uma colega e ela acabou não fazendo o desenho, depois ela teve que fazer o desenho sozinha...

A8: Sim, ah a gente não ficou exatamente fazendo junto, era mais quando eu tinha alguma dúvida consultava e também a gente compartilhou um pouco os modelos para ver como que é porque tinha alguns que sei lá era meio difícil de pensar como você poderia fazer aí vendo um modelo de outra pessoa ajudava.

P: Você se baseava para fazer o seu...

A8: Sim.

A9: Eu acho que eu acabei sendo mais ajudado, mas em alguns momentos eu ajudei sim.

P: Você lembra como que foi essa ajuda?

A9: Eu estava com um pouco de dúvida em balancear mesmo, meu colega me ajudou bastante nisso, inclusive porque eu não tinha visto muito bem, que só precisava de algumas partículas, inclusive isso aqui depois, mesmo depois de você explicar a coisa (inaudível), eu tive um pouco de dificuldade de entender do balanceamento, mas acho que foi... Principalmente relacionada ao balanceamento...

P: Você se lembra de ter visto como ele estava fazendo, ensinar a fazer...

A9: Eu acho que nessa ajudou um pouco de ver como que estava sendo feito, inclusive eu acabei mudando um pouco a minha representação por conta de ver um pouco o modelo, que achava que ficavam mais compreensíveis do jeito que eu estava fazendo.

A10: Olha, eu acho que teve um pouco de compartilhamento de informações, porque a gente fala um pouco sobre o que cada um sabe desse tema e a gente se complementa para fazer essas coisas, então um corrige o outro quando percebe que a representação pode estar um pouco errada e tem a questão do balanceamento, a discussão para saber qual seria o balanceamento a gente conseguiu chegar no resultado mais rápido...

P: Porque tem que propor certo? Às vezes uma pessoa propondo de um jeito outra do outro...

A10: Sim, por sinal eu tenho um amigo que estava na outra mesa e ele sabia fazer o balanceamento, e aí eu não entendi muito bem como fazia, mas ele ajudou a fazer balanceamento, das fórmulas.

Observamos que os alunos consideram, majoritariamente, que as interações foram importantes para o desenvolvimento da atividade e que estas ocorreram de modos muito diversos. Foi possível, a partir das respostas dos alunos, sistematizar diferentes situações que colaboram a elucidar a importância da atividade ter sido realizada a partir de interações sociais, interpsicológicas, como apontada por Wertsch (1985) justamente aquelas em pequenos grupos, duplos e trios, por exemplo.

Os alunos A1 e A2, apesar de considerarem ser possível a realização da atividade individualmente, apontam algumas situações nas quais esses buscaram a interação com seus pares para colaborar na produção da mesma, como apontado nos trechos “A1: O exemplo que eu lembro é que quando a gente fez o exemplo do metanol tinha muitos elementos, eu estava confuso sobre como tinha que desenhar. Depois que eu descobri eu fui contando para as pessoas e as pessoas foram desenhando desse jeito” e “A2: Eu acho que eu concordo um pouco com ele, a atividade pode ser feita tanto em dupla como individualmente.”. A aluna A3, indica que ela e seu colega apresentavam conhecimentos diferentes sobre a questão e, dessa maneira, dialogaram bastante justamente por serem capazes de fornecerem ajudas uns aos outros em etapas que cada um apresentava domínio diferente como indicado na passagem “A3: Ah, eu fiquei no dia das atividades com um colega que também sabia fazer, então a gente ficou se ajudando bastante, e como eu já tive essa matéria e também o colega sabia bastante dessa matéria, a gente ficou se ajudando na hora de desenhar.”

O aluno A5 indica que foi bastante ajudado durante a realização da mesma por seu colega, apresentando a ressalva que as interações ocorriam somente nos momentos de dúvidas e não constantemente: “A5: Eu fui bastante ajudado, por que no começo eu não estava entendendo o que era para fazer, mas depois eu comecei a fazer sozinho as coisas, e eu acho que a gente não teve muita interação com a dupla só quando pediam ajuda, essas coisas, a gente ajudava.”. Já a estudante A6 indica que as ajudas ocorriam constantemente, pois considera que as suas produções e a da sua colega foram muito parecidas como indicado na passagem “A6: a gente estava fazendo bem parecido então a gente estava meio que fazendo juntas, sabe?”.

O estudante A7 considera que ofereceu bastante ajuda no processo e, de modo análogo aos estudantes A5 e A8, consideram que essas interações ocorrem principalmente nos momentos de dúvidas, impasses, nos quais algum indivíduo tem problemas em realizar a sua produção como observado na passagem “A7: Eu acho que ter feito isso em dupla ajudava na questão, por exemplo, esqueci o nome disso... da equação. Ter um colega do lado ajudava a entender melhor a equação como representar isso no desenho.”.

Os estudantes A9 e A10 se recordam das interações do momento em que estes tiveram mais dificuldade em realizar atividade, sendo este o de realizar o balanceamento das equações como apresentado nos trechos “A9: Eu estava com um pouco de dúvida em balancear mesmo, meu colega me ajudou bastante nisso, inclusive porque eu não tinha visto muito bem, que só

precisava de algumas partículas” e “A10: (...) e tem a questão do balanceamento, a discussão para saber qual seria o balanceamento a gente conseguiu chegar no resultado mais rápido...”.

Os meios pelos quais as interações ocorriam não ficam em evidência na maioria das respostas, ou seja, como os estudantes de fato apontavam, perguntavam, meios de explicação. Entretanto, os alunos A8, A9 e A10 apresentam uma dinâmica muito importante que é a exemplificação de um estudante de (suas) boas produções para que outro indivíduo possa se basear e comparar com a sua própria ou mesmo ter como essa referência um ponto de partida, como evidenciado nos trechos “A8: a gente compartilhou um pouco os modelos para ver como que é porque tinha alguns que sei lá era meio difícil de pensar como você poderia fazer aí vendo um modelo de outra pessoa ajudava.”, “A9: inclusive eu acabei mudando um pouco a minha representação por conta de ver um pouco o modelo”, “A10: a gente se complementa para fazer essas coisas, então um corrige o outro quando percebe que a representação pode estar um pouco errada”.

7.3.5 Categoria 5: Importância da visualização dos vídeos dos experimentos

Observou-se que o vídeo disponibilizado aos estudantes durante a atividade de modelagem foi bastante utilizado pelos mesmos durante as produções dos modelos A5 ao A9. Consideramos que o vídeo seja um importante mediador, com elementos semióticos singulares, que apresenta importância relevante para a atividade. As questões apresentadas abaixo buscam, portanto, compreender qual foi a relevância no uso dos vídeos dos experimentos para a construção e representação dos modelos sobre a estrutura e transformação da matéria.

P: E a última pergunta que eu tenho é sobre a questão do vídeo que eu trouxe para vocês no dia que vocês foram fazer essa atividade. Não sei se vocês lembram mas vocês tinham computador ou tablet e dava para visualizar essas reações, vocês tinham que representar a reação mas era possível ver a reação que foi feita lá no laboratório. Eu filmei os vídeos, disponibilizei para vocês, e vocês iam representando vendo o vídeo. Vou deixar a primeira pergunta mais aberta mas depois eu dou uma direcionada nela, o quanto que vocês acham que foi importante ter o vídeo? Ou se não foi, ou se foi, por qual aspecto.

A2: Acho que o vídeo te ajuda se você não estiver lembrando exatamente qual é a reação, o que acontece, o vídeo te ajuda a lembrar melhor, mas eu acho que é isso que ele falou, se você já está mais familiarizado com a coisa, o vídeo não é tão necessário, mas se você

ainda está com dúvida não está entendendo direito o vídeo pode ajudar sim.

A1: Acho que o importante do vídeo é que quando você está vendo uma reação ao vivo assim que você vê... Assim, tem coisas que você percebe, tem coisas que você não percebe e fica uma experiência meio singular assim, cada um tira uma coisa diferente do que percebeu, às vezes são muitas coisas parecidas mas quando você vê o vídeo e você pode ver mais de uma vez você consegue fotografar o processo muitas vezes e isso acaba facilitando quando você está, por exemplo, fazendo as equações... Ah está no estado aquoso, no sólido, gasoso... Quando você vê o que está acontecendo ali, muitas vezes você acaba percebendo coisas que você não percebeu na primeira vez e isso ajuda na hora, fica fácil de visualizar.

P: [...] Tem uma relação clara para vocês, da equação química com aquilo que o vídeo apresenta?

A2: Acho que sim.

A1: Eu acho que quando você constrói a imagem na sua cabeça, antes de ver... Na hora que você vê você conecta mais rápido e aquele negócio que eu falei, quando você não sabe o que está acontecendo e você vê, você tira uma coisa, mas quando você sabe o que está acontecendo, mas você não está vendo, a partir do momento que você vê, você já começa a conectar mais rápido, já começa a perceber coisas que se você não tivesse visto o vídeo não conseguiria.

A3: Eu achei que foi bom para visualizar de novo, para relembrar e ajudou também para ver de perto assim, porque às vezes no laboratório pode ficar distante demais na hora de ver ou às vezes não conseguir prestar atenção, mas achei que o vídeo ajudou bastante, porque podia dar zoom assim, eu achei que ajudou bastante.

A4: É prático ver no vídeo do que ver no laboratório, ver os estados físicos também ajuda.

A6: Não sei muito que o vídeo fez.

A5: O vídeo, pra mim, ele ajudou a você a entender que, por exemplo: no negócio do iodeto de potássio e nitrato de chumbo, que a junção das duas de substâncias formavam uma mistura que mudava a cor, mudava tudo. Então eu acho que nesse ponto ajudou bastante.

A6: No meu caso eu acho que o vídeo não ajudou muito. Tanto que a Internet aquele dia estava bem ruim, a gente nem conseguiu acessar os vídeos direito. No caso do iodo eu assisti ao vídeo, só que eu assisti só o comecinho, assim, mais para ver como estava a evaporação e tudo mais, mas como a gente já tinha feito experimento antes, a gente já

tinha visto como era, a gente meio que já sabia o que iria acontecer. Então, acho que o vídeo serviu de base mais para relembrar o processo, mas não me ajudou muito.

P: De alguma maneira será que o vídeo dava maior sentido para a equação química? Digo assim, pensa você só trabalhar com a equação química, e agora você tem que fazer uma relação em que essa equação química está explicando o que aquele processo está fazendo. (...) Ou seja, será que o vídeo ajuda a gente a relacionar mais o que a gente está escrevendo no papel com o que está acontecendo na realidade?

A6: Acho que sim, porque a gente consegue enxergar que de fato... Por exemplo, o que eu estava falando, que quando você vê a reação, você vê que mudou. O reagente e o produto, você vê que são coisas diferentes, e quando você vê o vídeo você percebe que de fato, tipo...

A5: A junção dos reagentes formam um produto diferente.

A6: ...olhando diferente o iodeto de potássio e o nitrato de chumbo, quando você tem as duas substâncias, você não imagina que, quando juntar as duas, elas vão ficar amarelas. E aí, a equação, eu acho que mostra porque que fica amarelo.

A7: Assim, eu não usei muito o vídeo, eu achei legal os ângulos que você chamou, bonitinho, só que eu usei mais pela equação mesmo, porque você não consegue ver muito pelo vídeo como é que as moléculas vão se comportar da forma como a equação mostra.

P: Ok, então a questão é que o vídeo parece não ter ajudado muito a fazer a representação.

A7: Não.

P: Mas e o contrário, você acha que com a representação você consegue atribuir mais sentido ao vídeo? Talvez você não tenha feito isso, mas pensando agora.

A7: Sim, a equação ajuda a entender melhor o vídeo. O vídeo não ajuda muito a entender a equação, mas a equação ajuda muito entender o vídeo.

A8: Ah, ajudou para relembrar porque tinha alguns que eu não lembrava mais direito o que tinha acontecido e aí eu não saberia nem como representar assim, e aí o vídeo ajudou nesse sentido, porque você vê onde que acontece exatamente a transformação e onde que está sólido, onde que está líquido, para saber como que as partículas estão, mais próximas ou separadas, para representar... Mas se fosse para representar logo depois da experiência aí eu acho que daria na mesma se não tivesse o vídeo.

P: Eu assumi que você teve uma certa facilidade em fazer...

A8: Mais ou menos.

A9: Eu acho que na maioria, que eu me lembre, acabou ajudando muito porque mesmo que a gente tivesse as equações e tudo você não lembrava exatamente como que acontecia como aconteceu o processo e eu acho que ajudava a manter na cabeça inclusive para compreender melhor o que estava acontecendo no vídeo, você esquematizar com as partículas e tudo.

P: Era exatamente essa minha pergunta, a princípio eu tinha colocado vídeo intencionalmente para ajudar a fazer essa atividade, mas eu vi que com a equação química vocês faziam sem problema, mas eu pensei no oposto que é exatamente o que você falou, talvez fazer isso ajudar a entender melhor o vídeo.

A9: Sim.

P: O vídeo dava mais sentido para essa atividade, porque vocês estavam vendo com equação química em nível de partículas e agora vocês viram o vídeo e faziam uma relação melhor. Você acha que sem o vídeo daria para fazer?

A9: Eu acho que daria até mas seria um pouco mais difícil para recuperar o que aconteceu principalmente nas equações e tudo mas acho que principalmente isso ajudou a entender o vídeo.

P: Você lembra de alguma dificuldade em específico?

A9: Não, só a coisa do balanceamento mesmo.

A11: O vídeo eu achei bem necessário na verdade, porque às vezes a gente não lembrava do experimento em si e a gente relembrava quando a gente via o vídeo e eu acho que tem pessoas que não foram no laboratório em alguns dias, então para essas pessoas foi bem necessário e também com o vídeo dá para você ter uma noção visual do que está acontecendo, então acho que fica mais fácil para você representar do que se você só jogar uma fórmula.

A10: Eu achei que os vídeos foram bem úteis, mas eu não achei que teve necessidade de assistir eles, dependendo da pessoa. No meu caso eu assisti os vídeos, mas eu não achei que eu realmente precisasse ter feito isso, porque eu estava no dia dos experimentos.

P: Para fazer das atividades em específico?

A10: Sim.

P: Ter ali o vídeo é possível a gente fazer o processo inverso agora. Quando você realiza a equação química você vê algumas cores mudando, algumas transformações acontecendo. Agora o quanto ter essa linguagem, aqui nesse nível de representação, isso ajuda a você entender melhor o que está acontecendo ali, visualmente. Não o processo do vídeo ajudar a representação, mas o quanto a representação se torna significativa ao ver o vídeo, você acha que o vídeo torna essa atividade mais significativa?

A10: Eu acho que sim, porque só fazendo assim no papel mesmo a gente não enxerga nada, a gente não pensa em nada da nossa realidade, para a gente é só como se fosse uma relação matemática, que a gente está aprendendo no papel e aí quando a gente vê visualmente a gente relaciona isso com alguma coisa que a gente poderia ver no dia a dia.

P: Entendi. Para você que conseguiu fazer direto da equação, tentando resumir, o vídeo foi importante para você mais por qual aspecto?

A10: Ah não sei, é que se a gente trabalhar a química de um jeito mais teórico eu acho que é um pouco mais difícil de entender porque seria mais decorar o assunto do que entender. Por exemplo, eu entendo não porque essa reação está acontecendo, mas eu entendo como ela acontece, o contexto que ela acontece, então eu entendo que uma ebulição de uma substância poderia ser representada daquele jeito, assim, quando eu penso numa ebulição eu não penso na teoria, eu penso na ebulição mesmo em si. E para quem faltou no experimento e não viu o vídeo aquilo vai ser só uma teoria, um conhecimento que ela não sabe para que se aplica.

P: Obrigado, era isso que eu tinha para perguntar, se vocês tiverem algo para falar...

A10 Eu achei que foi um pouco simples, a gente estudou um pouco sobre transformações químicas e físicas no ano passado, acho que a gente está indo bem aos pouquinhos mesmo. Se bem que no balanceamento de fórmulas é uma questão não inédita, mas ainda é um pouco difícil, mas eu acho que os outros assuntos para bastante gente até que está sendo fácil.

A opinião dos estudantes diverge quanto à importância dos vídeos e também sobre a função que estes desempenham. Entretanto, muitos estudantes consideram que esta ferramenta é importante para se retomar como ocorreu o experimento nas aulas anteriores por motivos tais como: não se lembrarem com muitos detalhes do fenômeno observado; não terem observado, no primeiro contato com o experimento, algumas mudanças no sistema mais específicas que conseguiram observar ao visualizar o vídeo; a possibilidade de alguns

estudantes que tenham faltado no dia da experimentação poder ter acesso aos fenômenos. Esses apontamentos podem ser observados nas seguintes passagens “A2: Acho que o vídeo te ajuda se você não estiver lembrando exatamente qual é a reação, o que acontece, o vídeo te ajuda a lembrar melhor”, “A1: Acho que o importante do vídeo é que quando você está vendo uma reação ao vivo assim que você vê... Assim, tem coisas que você percebe, tem coisas que você não percebe e fica uma experiência meio singular [...] mas quando você vê o vídeo e você pode ver mais de uma vez, você consegue fotografar o processo muitas vezes e isso acaba facilitando quando você está, por exemplo, fazendo as equações”, “A3: Eu achei que foi bom para visualizar de novo, para relembrar e ajudou também para ver de perto assim, porque às vezes no laboratório pode ficar distante demais na hora de ver ou às vezes não conseguir prestar atenção”, “A6: Então, acho que o vídeo serviu de base mais para relembrar o processo, mas não me ajudou muito.”, “A8: Ah, ajudou para relembrar porque tinha alguns que eu não lembrava mais direito o que tinha acontecido e aí eu não saberia nem como representar assim, e aí o vídeo ajudou nesse sentido.”, entre outros. Consideramos que nessa categoria de argumentos o vídeo mostra-se como uma ferramenta importante no sentido de acessar uma maior quantidade de alunos em suas dificuldades, o que justificaria já o seu uso em sala de aula. Consideramos, entretanto, que nesse caso o vídeo não apresenta uma função tão diferente do que a própria experimentação direta dos fenômenos.

Outros argumentos apontam que a visualização dos vídeos tem potencializado a transição entre todos os níveis de representação definidos por Gilbert & Treagust (2009), pois a atividade de modelagem pode ser que induza a se trabalhar somente os níveis submicro e simbólico. Algumas passagens que contribuem nesse sentido são “A6: olhando diferente o iodeto de potássio e o nitrato de chumbo, quando você tem as duas substâncias, você não imagina que, quando juntar as duas, elas vão ficar amarelas. E aí, a equação, eu acho que mostra porque que fica amarelo.”, “A8: porque você vê onde que acontece exatamente a transformação e onde que está sólido, onde que está líquido, para saber como que as partículas estão, mais próximas ou separadas, para representar”, “A9: porque mesmo que a gente tivesse as equações e tudo você não lembrava exatamente como que acontecia como aconteceu o processo e eu acho que ajudava a manter na cabeça inclusive para compreender melhor o que estava acontecendo no vídeo, você esquematizar com as partículas e tudo.”, “A10: porque só fazendo assim no papel mesmo a gente não enxerga nada, a gente não pensa em nada da nossa realidade, para a gente é só como se fosse uma relação matemática” e “A11: dá para você ter uma noção visual do que está acontecendo, então acho que fica mais fácil para você

representar do que se você só jogar uma fórmula”. Essa segunda categoria de argumentos trás para nós maiores motivações para o uso do vídeo, porque evidencia uma função mais importante para o mesmo, sendo esta de importância central para o ensino de química, ou seja, propiciar o trabalho com os diferentes níveis de representação, pois como alguns estudantes apontam a equação apresenta maior significado se utilizado em conjunto à visualização dos fenômenos em nível macro. Nessa interação de maior significado entre simbólico e macro, os estudantes conseguem maiores informações para a sua representação em nível submicro. Sendo assim, os vídeos dos experimentos tratam-se de uma ferramenta que auxilia na mediação de significados em conjunto a demais mediadores.

É importante, também, apresentar que alguns estudantes consideram a ferramenta dispensável, como explicitado nas passagens “A2: (...) se você já está mais familiarizado com a coisa, o vídeo não é tão necessário, mas se você ainda está com dúvida não está entendendo direito o vídeo pode ajudar sim.”, “A6: No meu caso eu acho que o vídeo não ajudou muito. Tanto que a Internet aquele dia estava bem ruim, a gente nem conseguiu acessar os vídeos direito. No caso do iodo eu assisti ao vídeo, só que eu assisti só o comecinho, assim, mais para ver como estava a evaporação e tudo mais, mas como a gente já tinha feito experimento antes, a gente já tinha visto como era, a gente meio que já sabia o que iria acontecer. Então, acho que o vídeo serviu de base mais para lembrar o processo, mas não me ajudou muito.”, “A7: Assim, eu não usei muito o vídeo, (...) eu usei mais pela equação mesmo, porque você não consegue ver muito pelo vídeo como é que as moléculas vão se comportar da forma como a equação mostra.”, “A8: Mas se fosse para representar logo depois da experiência aí eu acho que daria na mesma se não tivesse o vídeo.” e “A11: No meu caso eu assisti os vídeos, mas eu não achei que eu realmente precisasse ter feito isso, porque eu estava no dia dos experimentos.”. Dessa maneira, algumas opiniões vão ao sentido de que o vídeo apresenta um impacto na sua produção neutra, pois consideram que não desempenham um novo papel, uma vez que observaram e se recordavam bem dos experimentos no momento da modelagem.

8 DISCUSSÃO

A análise sobre os dados da taxa de entrega de cada atividade, realizada conjuntamente aos dados dos níveis de representações empregado nas mesmas, nos permite apresentar duas conclusões centrais: a primeira é que consideramos que os estudantes estiveram engajados nas atividades de modelagem propostas, pois há uma média de 80% de entrega (diante de um total de 756 possíveis), dado que não considera as faltas nem possíveis falhas de entrega nos dias solicitados. Essa análise é de central importância, pois se é a partir dos processos sociais de comunicação que os processos de internalização são possibilitados, de acordo com o referencial sociocultural (Werstch, 1985), é necessário que os estudantes estejam envolvidos nas atividades de modo a produzir seus modelos e, então, a partir de ajudas diversas elaborar e negociar novos significados. A segunda é que podemos considerar se a variável tempo foi suficiente para as atividades. As últimas atividades apresentaram uma qualidade de produção diferente, diminuindo a porcentagem de representação em nível submicroscópico, desse modo, consideramos que foi encontrado maiores dificuldades na sua execução, mas não de modo tão expressivo que pudesse explicar a diminuição da taxa de entrega para 67% e 48%, nas atividades 8 e 9 consequentemente. Além disso, a qualidade da produção das atividades 8 e 9 são muito semelhantes, o que corrobora que apenas as dificuldades encontradas não são a única explicação para a diminuição de taxas de entregas. Considerando esses apontamentos, e que muitas atividades das aulas de modelagem 1 e 2, foram entregues nas aulas seguintes, não havendo uma aula seguinte em relação à aula 3 para produção ou entrega, consideramos que nesse contexto o tempo destinado à execução das mesmas foi insuficiente. Pressupõe-se que o tempo foi adequado para a execução das primeiras 8 atividades.

A análise dos níveis de representação empregados, segundo as categorias estabelecidas considerando as contribuições de Gilbert & Treagust (2009), permite uma melhor compreensão de como as atividades estão sendo produzidas e do quanto os estudantes estão se aproximando da proposta da atividade. Observamos uma tendência de que conforme as atividades se desenvolvem e os exemplos tornam-se mais complexos, as produções apresentam menos representações sobre a natureza contínua da matéria, ou seja, os estudantes passam a empregar de modo cada vez mais sistemático a ferramenta solicitada de modelos científicos em nível submicro. Desse modo, entendemos que os alunos estão, através do uso dessas ferramentas psicológicas, buscando realizar operações cada vez mais complexas e distanciando-se do contexto situacional (Wertsch, 1985) e sendo capazes de propor seus modelos de maneira cada vez mais enfática sobre o nível submicro do processo. No que se

refere estritamente ao nível representacional, também trata-se de um resultado positivo pois indica que os estudantes transitaram entre formas múltiplas no ato de representar um mesmo objeto, pois trabalharam com o fenômeno em nível macroscópico e construíram representações em nível submicro e simbólico. Este aspecto foi apontado como menos acessível a estudantes menos experientes em situação experimental por Kosma & Russel (2007). Isso não significa que sejam, ainda, capazes de realizar outras formas de transição, mas um aspecto importante da transição com o objetivo de desenvolver tal capacidade.

As equações químicas não balanceadas foram apresentadas aos estudantes, sendo assim, a grande maioria das atividades apresentavam a equação, de modo balanceado ou não. Observamos que os estudantes que não recorreram em nenhum momento às representações em nível submicro, situação presente nas atividades 7 e 8 somente, recorreram à representação em nível simbólico. Como debatido no parágrafo anterior, consideramos que a falta de elementos de nível submicro indicam o aumento da complexidade dos sistemas e, assim, o aumento da dificuldade da realização da mesma pelos estudantes. Ainda assim, a grande maioria dos estudantes que entregaram as atividades apresentam somente o nível submicro ou o nível submicro junto ao nível macro em sua representação, indicando que as ajudas estavam ajustadas para a maior parte dos alunos, mas não a todos.

A categoria que diz respeito à conservação qualitativa da matéria contribui à nossa compreensão sobre quais foram as atividades nas quais os estudantes tiveram maior dificuldade de realizar a construção e representação dos modelos de modo coerente e, ainda, identificarmos os problemas mais comuns em seus modelos representados. A conservação qualitativa apresenta queda a partir de sistemas mais complexos, sobretudo a partir da atividade 6, em que as transformações envolvem diversas substâncias que reagem de maneiras variadas. É perceptível a acentuada queda na atividade 8, a qual apresenta o menor índice de representações em nível submicro que, acarreta diretamente no baixa conservação qualitativa. À respeito específico dessa, apresentamos os principais problemas encontrados nas atividades: representações dos reagentes iguais aos produtos; não há clareza suficiente na diferenciação entre reagente e produto; a representação é confusa, não permitindo a sua caracterização. Apresentamos no item 7.1.2, ainda, diversos outros fatores que comprometeram a qualidade das mesmas, tais como o rompimento de uma molécula na sua evaporação, dois ou mais compostos representados juntos e representação de uma única molécula ou composto no sistema. Defendemos que essa possibilidade de se identificar os problemas de uma

representação é justamente uma característica positiva da modelagem, uma vez que evidencia-se as possibilidades de se intervir nas produções dos alunos de modo mais direcionado e, assim, a partir de interações diversas com os estudantes repensar uma estratégia para a correção ou melhoramento da atividade. A concretização do modelo, ou seja, a sua representação por meio de desenhos, permite ao professor e, até mesmo a um colega que teve sucesso na atividade, identificar um problema e, assim, apresentar uma sugestão, ideia, outro ponto de vista, por exemplo, ao indivíduo que não teve sucesso. Essa trata-se justamente de um aspecto apontado por Justi (2006) como importante de ser incentivada pelo professor, a de “favorecer a negociação de significados entre os alunos, direcionando olhares e fortalecendo raciocínios mais coerentes”.

As principais observações diretas da atividade, registrada na pesquisa, permitem explorar principalmente sobre a dinâmica dos grupos. Nossas percepções mais importantes são as de que as duplas são instâncias de socialização importantes, como apresentaremos de modo mais profundo a partir da análise da entrevista a seguir. Entretanto, mostrou-se necessária a amplitude destes espaços de socialização em alguns momentos a partir da construção de grupos maiores, nesse caso com toda a turma de cada uma das classes, geralmente, para atingirmos um grande público com orientações sobre uma dúvida geral e também para apresentarmos e debatermos algumas produções de modo a reforçar bons aspectos destas ou mesmo solicitar que alguns de seus aspectos sejam evitados. Justi (2006) defende que os estudantes devam testar os seus modelos e, nessas instâncias de debates, acreditamos que o professor esteja engajando os alunos diretamente em tal etapa. A sua figura mostra-se central em, justamente, identificar os momentos mais importantes de se mudar o tamanho dos grupos de socialização, sendo os casos mais importantes aqui declarados aqueles em que é identificada uma dúvida recorrente entre os diferentes estudantes e quando são identificadas produções que permitem uma boa exemplificação ou debate sobre a mesma. Com a finalidade de compartilhar experiências e impressões com os professores que apresentam a intenção de planejar e aplicar atividades de modelagem em sua sala de aula, consideramos importante apontar que mesmo a atividade sendo apresentada em um contexto educacional no qual os estudantes estão acostumados com atividades mais ativas, por parte deles, considera-se que a dinâmica foi muito alterada, positivamente, nos segundos e terceiros dias de modelagem, nos quais os alunos já estavam mais habituados às dinâmicas, propósitos

e modos de execução das mesmas. A implementação de uma proposta diversificada, na qual espera-se a intensa interação social entre pares e o professor, na qual será demandada o uso de uma ferramenta cultural intrínseca do campo científico, pode levar um tempo diferente de adaptação de acordo com as características das turmas. É de extrema importância haver um planejamento que permita os estudantes produzirem sem a intervenção constante do professor.

A análise das entrevistas nos traz uma vasta possibilidade de discussão sobre o processo percorrido pelos estudantes e, assim, construir uma maior clareza sobre as interações sociais nos quais estes estiveram inseridos e os diferentes suportes recorridos para a realização de suas produções. Buscaremos, assim, discorrer sobre o percurso das entrevistas e as principais conclusões tomadas em relação aos cinco principais aspectos investigados.

Consideramos que os alunos apresentavam uma experiência prévia com as atividades de modelagem bastante simplificada, não suficiente para realizar as atividades apresentadas sem orientações e suportes específicos. De modo geral, os alunos relataram ter realizado atividades semelhantes nas séries anteriores, mas as percepções apresentadas eram diferentes entre os mesmos, sendo declarado que os processos já modelados tratavam-se principalmente de transformações físicas.

Não foram verificadas dificuldades que limitassem a maior parte da classe em propor seus modelos científicos. Tanto a análise da taxa de entrega das atividades e dos níveis de representação empregados, assim como a análise das entrevistas, apontam que os objetivos da atividade estavam claros, sendo as principais dificuldades relatadas tratar-se da modelagem dos fenômenos mais complexos, que envolviam transformações mais complexas, caracterizadas pela presença de substâncias e processos menos conhecidos. Ambos os aspectos são de fundamental importância para uma atividade de ensino/aprendizagem, ou seja, que os estudantes sejam capazes de se envolver na atividade proposta num contexto social, mas que fossem desafiados ao longo da mesma, uma vez que o que caracteriza a zona de desenvolvimento proximal é justamente a possibilidade de se articular os conhecimentos prévios dos estudantes junto às ajudas específicas de modo que esses sejam capazes de produzir algo de maior complexidade, ainda não dominado em nível individual (Vigotski, 2009). Consideramos que a clareza dos objetivos pode ser dada por dois fatores principais: a sequencia didática como um todo, pois as aulas prévias à modelagem apresentaram a

discussão das concepções atomistas sobre a estrutura da matéria, a qual, a partir de sua apresentação e contraposição com as concepções descontínuas da matéria, foi solicitada a ser utilizada na interpretação dos fenômenos a serem apresentados nas demais aulas e, também, as orientações específicas apresentadas no momento das atividades de modelagem, sendo que estas foram bastante simples e bem objetivas, basicamente solicitando que “fossem representados os sistemas em nível atômico”.

Identificamos que os estudantes atribuíram tanto sentido quanto significado para a atividade de construção e representação dos modelos, muitos argumentos vão ao encontro da ideia de que esses sejam importantes ferramentas que contribuem (a nosso ver, mediam) o pensamento e a ação, aspectos característicos das ferramentas culturais (Wertsch, 1985). Houve opiniões positivas em relação à importância dos modelos quanto a questões mais objetivas, tais como que a representação dos modelos favoreceu o processo de balanceamento das equações, pois visualmente facilitava a identificação qualitativa e quantitativa das diferentes espécies químicas. É importante ressaltar que essa não era uma posição consensual, estudantes com maior domínio com o assunto consideravam que o balanceamento podia ser feito diretamente a partir do nível simbólico, nesse caso pela equação química das transformações. Entretanto, um estudante que declarou ter maior domínio do assunto, refletiu que para alunos com maiores dificuldades ou que estão sendo introduzidos a aprendizagem de química, esta poderia ser uma maneira importante de se trabalhar com o balanceamento, tanto para torna-lo mais eficiente quanto mais significativo, pois considerava que as representações em nível submicro tinham um valor conceitual superior às representações em nível simbólico. Observamos que a opinião de que as representações em nível submicro permitiam uma melhor compreensão do processo foi muito recorrente, de uma maneira que não identificamos interpretações realísticas das mesmas, ou seja, as falas apresentadas iam ao encontro da ideia de que as espécies desenhadas permitiam uma melhor visualização do processo, mas não se referiam a estas como cópias da realidade. Esta possível interpretação trata-se de preocupação apresentada na seção teórica (Góis & Giordan, 2007). Algumas falas ainda indicaram explicitamente uma reflexão sobre a limitação dos modelos representados, aspectos de grande importância para o ensino de ciências (Justi, 2006; Locatelli, Ferreira & Arroio, 2010).

Identificamos que as interações em duplas, entre os pares, foram muito importantes para o desenvolvimento das atividades e, ainda que, a sua dinâmica foi variada entre as mesmas. Vale aqui novamente ressaltar que a dinâmica social a qual o referencial

sociocultural atribui maior importância trata-se de pequenos grupos, interações entre duplas, trios, principalmente (Wertsch, 1985). Identificamos, a partir das respostas das entrevistas, que os alunos em sua grande maioria consideraram importante haver a interação entre seus pares ao longo da produção, ainda que algumas duplas apresentassem que houve uma troca de experiências continuamente enquanto outras relataram que a fizeram somente em momentos de dúvidas, de impasses. Sendo assim, concluímos que as ajudas entre os pares foram de grande importância, pois esses “solicitavam ajuda” ou “ofereciam ajuda” ao longo do processo, mas consideramos que o meio mais importante pelo qual esse processo ocorreu, e que fomos capazes de identificar a partir das respostas das entrevistas e do relato de nossas observações, foi a partir da exemplificação das produções de um aluno a outro, para que um indivíduo pudesse se basear ou realizar comparações com a sua própria produção, estabelecendo a possibilidade de negociação de significados a partir dos modelos concretizados por meio visual. Esse aspecto é central para o modelo de modelagem proposto por (Justi, 2006), no qual identificamos que os testes das produções, ou seja, a sua validação ocorre em momento posterior à concretização, o que está de acordo com o que prevemos sobre a natureza do modelo mental, ou seja, esse é acessível somente ao próprio indivíduo que o constrói. A negociação de significados, contraposição de opiniões, só é possível pela concretização de uma ferramenta cultural, sendo a mais importante para nós, as representações da estrutura da matéria e de suas transformações em nível submicro, que desencadeiam as discussões, mediadas por novas ferramentas culturais, sendo ela a fala principalmente, mas a qual o nosso trabalho não se aprofundou na análise.

Foi possível, ainda, considerar que um momento de grande interação na busca de realizar as atividades foi para o balanceamento das equações, uma vez que os estudantes em diversos momentos exemplificaram esse momento para explicar ao entrevistador como as interações ocorriam.

Os vídeos dos experimentos disponibilizados aos estudantes durante as produções foram amplamente utilizados pelos estudantes durante a modelagem, dinâmica observada desde o estudo piloto, o que nos levou a focalizar um maior interesse nessa questão na entrevista de nosso estudo final, com o objetivo de compreender quais foram as ajudas apresentadas por esse recursos semiótico e se esse apresentava contribuições específicas, diferentes da visualização direta dos experimentos. Identificamos que a opinião dos estudantes variou tanto em relação à importância desta ferramenta quanto sobre a função que

desempenhada por esta. Sistematizamos em um primeiro aspecto, a partir da análise das entrevistas, que o vídeo é importante para se retomar como ocorreu o experimento nas aulas anteriores porque os alunos não se lembravam de muitos detalhes do fenômeno observado ou por estes não terem observado, no primeiro contato com o experimento, algumas mudanças no sistema mais específicas, em que conseguiram observar somente com o vídeo. Consideramos que esses aspectos não fornecem muitos elementos diferentes da visualização direta dos experimentos, entretanto, o vídeo mostra-se como uma ferramenta importante para ajudar uma parcela dos estudantes a observarem aspectos que em um só contato não foram capazes de observar, fator suficiente para que seja defendido o seu uso em sala de aula com o propósito de atingir um número maior de alunos, ou seja, diversificar as ajudas oferecidas em diferentes níveis, ainda que alguns estudantes o considerem dispensável para a modelagem. Como previamente defendido, trata-se de uma oportunidade adicional e mais controlado do professor auxiliar no desenvolvimento de habilidades procedimentais, sendo a principal dela a observação de experimentos envolvendo a transformação da matéria.

Outro aspecto que reforça a importância da visualização dos vídeos, trata-se da identificação de que este potencializou a transição entre todos os níveis de representação, definidos por Gilbert & Treagust (2009) durante a atividade de modelagem. Os níveis de representação mais evidentes na situação de sala de aula no momento da modelagem são os submicro e simbólico, sendo o primeiro produzido pelo estudante e o segundo discutido e apresentado pelo professor. O vídeo permitiu que os fenômenos do nível macro, os quais tanto as representações dos modelos quanto as equações químicas apresentavam inter-relação, estivessem presentes durante a maior parte da atividade, ou seja, há uma evidenciação do contexto ao qual as demais ferramentas mediadoras de caráter mais abstrato (ou menos relacionadas ao contexto situacional) se referem. Esse aspecto configura uma maior relevância para o uso do vídeo, porque defende-se que o ensino de química deve propiciar aos estudantes a transição entre os níveis de representação (ibid.) e as ferramentas culturais que mediam o pensamento e ação, sendo estas identificadas principalmente pelos modelos da estrutura e transformação da matéria em nível submicro e as equações química, ficam mais evidenciadas como instrumentos pelos quais produzimos relações, afastando um maior realismo das entidades representadas por imagens e letras. Sendo assim, os vídeos são considerados ferramentas que permitem a mediação de significados quando na presença e inter-relação com demais mediadores, no qual a fala do estudante A10 exemplifica bem essa nossa conclusão “A10: porque só fazendo assim no papel mesmo a gente não enxerga nada, a

gente não pensa em nada da nossa realidade, para a gente é só como se fosse uma relação matemática”. Além disso, como aponta um estudo de Treagust, Chittleborough & Mamiala (2004), os estudantes ainda que apresentem concepções avançadas sobre o papel dos modelos como descrição de fenômenos, apresentam ideias pouco desenvolvidas sobre o papel de explicação e predição e, assim, defendem que o uso de modelos no ensino de ciências deva avançar nesse sentido. Consideramos que a utilização do vídeo, potencializando a transição entre níveis de representação a partir do nível macro, estimule e permita que sejam direcionados objetivos mais elaborados em relação à construção e uso de modelos, que diferem substancialmente de uma simples transição entre fórmula molecular e desenho de uma molécula, por exemplo.

9 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÃO DE ESTUDO

As competências necessárias para o planejamento e aplicação de atividades que superem as principais problemáticas relatadas sobre o ambiente de ensino/aprendizagem são diversas e complexas, de modo que tal questão deva ser encarada como importante aspecto no caminho da valorização profissional docente. O ensino básico trata-se de uma prática desafiadora e trabalhosa, que deva ser visto a partir de uma perspectiva profissional, que demanda de todos os atores envolvidos na questão uma maior valorização da área. Nesse sentido, encaminhamos as nossas principais conclusões do estudo realizado.

Considerando a Química uma ciência que estuda a estrutura e a transformação da matéria a partir de diferentes níveis de representação, como construir atividades que incentivem os estudantes que estão sendo introduzidos à aprendizagem dessa ciência a transitar entre os mesmos? Como planejá-las e aplicá-las de modo que os estudantes possam assumir maior protagonismo no processo, considerando esse aspecto fundamental para o fortalecimento de um ensino de ciências com maior sentido e significado? Essas são as problemáticas que motivaram a construção dessa pesquisa e sobre as quais temos a intenção de apresentar colaborações.

Partimos do pressuposto que para avançar na questão seria necessário engajar os estudantes em atividades de modelagem, na qual estes seriam convidados a estudar a estrutura e transformação da matéria a partir de estratégias diversas, como aula experimental e discussões teóricas e, então, engajarem-se na produção e apresentação de modelos explicativos sobre o objeto de estudo. Consideramos que isso seria possível se executado em um espaço de intensa troca de ideias, um ambiente coletivo onde as representações seriam construídas e validadas, por meio de interações e ajudas diversas. Tal estratégia de ensino-aprendizagem consideramos que culminou em uma efetiva situação de zona de desenvolvimento proximal na qual os estudantes, a partir de diversas ajudas, puderam construir as suas representações a partir de interações sociais diversas. Tal processo foi mediado por ferramentas culturais diversas: a linguagem que permite o diálogo entre os estudantes e entre o professor e estudantes, os experimentos didáticos, os vídeos dos experimentos didáticos, os desenhos que expressam os esquemas da estrutura e transformação da matéria (modelos), são os exemplos mais relevantes que identificamos.

A partir da identificação de que os estudantes foram capazes de realizar as atividades propostas, essa trajetória resultou em nossa busca de se identificar quais foram os mediadores

mais importantes para o desenvolvimento da atividade de modelagem, descrevendo as suas funções desempenhadas e, ainda, procurar compreender as dinâmicas de interações sociais relevantes para o processo. Consideramos que tais esclarecimentos colaboram com a questão fundamental apresentada por Driver et al (1999): como alcançar o processo de enculturação na rotina da sala de aula comum?

As atividades tomadas por um indivíduo na produção e representação de modelos sobre a estrutura e transformação da matéria tratam-se de processos psicológicos superiores em que as principais características são a consciência do indivíduo no desenvolvimento, a natureza social e o constante uso de signos. A estratégia de criar ZDP's e nelas intervir é fundamental para a construção do conhecimento e na dinâmica apresentada nessa pesquisa é possível analisar a importância das mediações empregadas. Os alunos organizados em duplas colaborou com a característica social do processo durante todo o seu desenvolvimento, porém evidenciamos, também, a necessidade de grupos maiores para a negociação de significados e definição de objetivos. Na prática, esses grupos maiores se deram pela discussão com toda a turma, mas as duplas tinham a autonomia de conversar com as demais. Identificamos, assim, que as interações entre os pares foram de importância central para o desenvolvimento das atividades, ainda que foi observado uma grande variedade na forma que estas ocorriam, desde interações mais pontuais até interações constantes durante a produção. Os estudantes “solicitavam ajuda” ou “ofereciam ajuda” ao longo do processo, de modos também variados, ou seja, alguns mais solicitavam do que ofereciam, outros ofereciam mais do que solicitavam e há também aqueles que variam suas facilidades e dificuldades, oferecendo e solicitando ajuda em momentos diversos.

Cada atividade produzida pelos alunos teve forte impacto nas negociações estabelecidas para orientar a produção das atividades mais elaboradas. Seja em orientação individual para os alunos repensarem suas próprias produções ou durante discussões mais amplas, essas atividades permitiram o apontamento de problemas e reafirmação de bons exemplos concretos. As instruções e problematizações apresentadas pelo professor são fundamentais para que o processo dos alunos seja de fato consciente, autônomo, de modo que nos pareça ser importante reafirmar que as ações do professor devam ser as mais claras e objetivas possíveis. Consideramos, portanto, que a dinâmica mais importante pela qual as interações sociais entre os estudantes e entre o professor e estudantes ocorreu foi a partir da negociação de significados estabelecida a partir da produção do indivíduo, sendo esse aspecto

central para o modelo de modelagem (Justi, 2006). A negociação de significados, a contraposição de opiniões, só é possível pelo uso de uma ferramenta cultural, sendo a mais importante, em nosso caso, as representações dos modelos sobre a estrutura da matéria e de suas transformações em nível submicro. Convidar os estudantes a participarem de atividades de modelagem, de modo a incentivá-los a comunicar algo a alguém, fortalece o estabelecimento de interações sociais de caráter comunicacional que, de acordo com o referencial sociocultural, possibilitam a transição de um pensamento interpsicológico ao intrapsicológico. Tal dinâmica explicita a natureza do uso de ferramentas culturais em relação a sua coexistência em plano psicológico, individual, e materializado, público. (Wertsch, 1985).

A presença dos vídeos dos experimentos permitiu a melhor transição entre todos os níveis de representação, pois a atividade de modelagem no momento de sala de aula, sem essa ferramenta, pode ser que privilegie a abordagem dos níveis submicro e simbólico somente. A visualização do vídeo potencializa, reforça, a ideia de que a atividade sendo produzida em nível simbólico e submicro apresenta relação direta com um fenômeno experimentado em nível macro. É possível inferir que as atividades de modelagem podem se situar de modo mais próximo à atividade experimental, entretanto, em nossa sequencia tal dinâmica não seria possível. Além disso, tal recurso apresentou importância para questões mais práticas, como permitir àqueles estudantes que faltaram nas aulas práticas ter acesso ao experimento e, ainda, poder apresentar repetidas vezes um mesmo fenômeno, permitindo ao professor apontar mudanças de estados físicos, de coloração, a formação de gases, entre outros aspectos, que podem escapar da percepção dos estudantes em uma única situação experimental. Estes são iniciantes na prática de observação e o vídeo, assim, permite o desenvolvimento dessa habilidade em situação de maior controle.

Desse modo, consideramos que os experimentos e as discussões teóricas previamente realizados são importantes mediadores que permitem “ter experiências com o objeto a modelar”, “selecionar a origem do modelo” e construir repertório para a posterior “definição de objetivos”. No momento da atividade de modelagem, as atividades e orientações trazidas pelo professor, discutidas e apresentadas ao longo do trabalho, indicam ter permitido a “elaboração de um primeiro modelo mental” e a posterior “expressão por diferentes formas de representação” para a maior parte dos estudantes, e, assim, também são identificadas como mediadores importantes. Entretanto, os modelos representados pelos estudantes e as

discussões entre estudantes-estudantes e professor-estudantes sobre tais representações são considerados, por nós, os mediadores mais ricos do processo no qual os estudantes passam, de modo mais direcionado, a esclarecer os objetivos das atividades, construir as suas dúvidas, buscar e encontrar bons exemplos de produções, em outras palavras, planejar a busca por ajudas necessárias. Desse modo, é a produção do estudante especificamente que, aqui é vista, como um mediador central da atividade, que desencadeia a busca por novos mediadores, ajudas e ferramentas necessárias. É essa que norteia as dinâmicas sociais, interpsicológicas, que de acordo com o nosso referencial poderão moldar o pensamento individual, intrapsicológico (Wertsch, 1985). Assim, a nossa principal consideração é a de que o planejamento de atividades que convidem os estudantes a utilizar uma determinada ferramenta cultural em uma produção com objetivo específico desencadeia uma dinâmica social muito rica: primeiramente estes precisam esclarecer o objetivo da atividade, constroem as suas próprias dúvidas e planejam estratégias para encontrar respostas. Esse processo não é igual para todos, identificamos que: os mediadores oferecidos são aproveitados de maneiras diversas, as dinâmicas estabelecidas entre os pares variam entre os mesmos e a produtividade é heterogênea. Tais características de diferenciação consideramos também positivas, pois indicam uma maior diferenciação de aprendizagem. O percurso de aprendizagem não é homogêneo, portanto, o ensino precisa se afastar de padronizações. Para isso, concluímos que os diferentes mediadores são oferecidos são importantes para atingir um maior número de estudantes possível, que apresentam modos de pensar, dificuldades, facilidades, distintas entre si. Por outro lado, não podemos oferecer quaisquer tipos de ajudas, não seria correto nem viável nas atividades diárias do professor, por isso, é importante para cada objetivo de ensino-aprendizagem estudar quais são os mediadores gerais e específicos necessários a se apresentar.

É importante destacar que a transição entre os níveis de representação é um processo complexo, difícil, em que diferentes níveis de compreensão podem ser atingidos. Consideramos que ao longo do trabalho, os alunos transitam entre os níveis de representação principalmente quando são capazes de construir uma representação em nível submicro e simbólico sobre os aspectos macro trabalhados. A ideia geral, é que ao longo do maior contato com a disciplina de química os alunos desenvolvam uma transição entre níveis mais robusta, como, por exemplo, serem capazes de observarem uma representação em nível submicro e preverem como acontecerá em nível macro, por exemplo.

Dessa maneira, a maior contribuição desse trabalho, consideramos que se trata de apresentar estratégias que permitam o aluno se envolver com atividades de representação de modelos em nível submicro, um dos aspectos da transição entre os níveis de representação. Essa atividade é necessária para que este desenvolva a capacidade de enxergar a química de modo mais amplo, ou seja, transitar de modo cada vez mais autônomo e aprofundado entre todos os níveis de representação. A representação dos modelos produzidos pelos estudantes é um produto desejado, mas também serve como ferramenta central para que o professor e os colegas possam dialogar, negociar significados. Dessa maneira, em outras situações, considera-se que o professor possa trabalhar com experimentos mais simples, projetar o vídeo ao mesmo tempo para todos os estudantes, em outras palavras, adaptar para a sua possibilidade o trabalho com o nível macro e as ajudas oferecidas. O que consideramos central no processo e de caráter mais acessível para as demais realidades, é o envolvimento do aluno com a sua produção e o estabelecimento do diálogo com o próximo. A concretização do pensamento a partir de uma forma de linguagem é o processo mais rico do modelo de modelagem, ou seja, o envolvimento do aluno em pensar e se expressar.

As discussões desencadeadas entre os estudantes antes e após a produção dos modelos foram apontadas como relevantes, constantes e diversas durante as entrevistas. Essas, entretanto, não foram o foco da dissertação de mestrado, mas a apontamos como uma dinâmica riquíssima a ser explorada no plano do Ensino de Ciências, através de estudos mais aprofundado da interface entre essas duas ferramentas mediadoras, a representação dos modelos e os argumentos apresentados pelos estudantes para legitimar, ou deslegitimar, uma dada representação. Além disso, os estudantes apresentaram importantes reflexões que apontam o desenvolvimento da metavisualização ao longo do processo, desse modo, também indicamos ser possível aprofundar a compreensão entre atividades de modelagem e o desenvolvimento individual da metavisualização.

10 BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, E. F. Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais. Educativa. 1998.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011. (Trabalho original em francês publicado em 1977).
- CHIZZOTTI, A. A pesquisa qualitativa em ciencias humanas e sociais: evolução e desafio. Revista Portuguesa de Educação. 16(2), p. 221-236, 2003.
- CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. Química Nova na Escola, 9, p. 31-40, 1999.
- EVANGELISTA, M. B. A transcrição em história oral e a insuficiência da entrevista. Oralidades (USP), 1, p. 169-185, 2010.
- FERREIRA, C. R. O uso de visualizações no ensino de Química: a formação inicial do professor de química. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, 2010.
- FERREIRA, C. R. O uso de visualizações no ensino de Química e de Física: a formação pedagógica dos professores. São Paulo. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia) – Universidade de São Paulo, 2013.
- FERREIRA, C.; ARROIO, A. Teacher's Education and the use of Visualization in Chemistry Instruction. Problems of Education in the 21st Century. 16, p. 48-53. 2009
- FERREIRA, C.; BAPTISTA, M.; ARROIO, A. Visual tools in teaching learning sequences for Science education. Problems of education in the 21st Century, 37, p. 48-58, 2011.
- FERREIRA, P.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer ciência”. Química Nova na Escola, 28, p. 32-36, 2008.
- FINO, C. N. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): três implicações pedagógicas. Revista Portuguesa de Educação. 14(2), p. 273-291. 2001.
- FLICK, U. Qualidade na pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Artmed. 2009.
- HOFFMAN, R.; LASZLO, P. Representation in Chemistry. Angewandte Chemie, 30, p. 1-16, 1991.
- GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive skill in Science and Science education. In John K. Gilbert (Eds.) Visualization in Science Education. Dordrecht: Springer, p. 9-27, 2005.

GILBERT, J. K. Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. Em GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.) Visualization: Theory and Practice in Science Education. Holland: Springer, 3, p.3-24, 2008.

GILBERT, J. K., JUSTI, R., & QUEIROZ, A. S. The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding. Em M. F. Taşar & G. Çakmakcı (Eds.), Contemporary Science Education Research: International Perspectives. Ankara. Turkey: Pegem Akademi, p. 43-51, 2010.

GILBERT, J. K., REINER, M.; NAKHLEH, M. Introduction. Em GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. (Eds.) Visualization: Theory and Practice in Science Education. Holland: Springer, 3, p.1-2, 2008.

GILBERT, J. K., TREAGUST, D. F. Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. Em: GILBERT, J. K., TREAGUST, D. F. (Eds). Multiple representations in Chemical Education. Holland: Springer, 4, p. 1-8, 2009.

GIORDAN, M. Introdução à Representação Estrutural em Química. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, 7, p. 3, 2007.

GOIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Pierce para compreender a representação. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, 7, p. 34-42, 2007.

GRECA, I. M.; SANTOS, F. M. T. Dificuldades da Generalização das Estratégias de Modelagem em Ciências: O Caso da Física e da Química, Investigações em Ensino de Ciências, 10(1), p. 31-46, 2005.

HOFFMAN, R.; LASZLO, P. Representation in Chemistry. Angewandte Chemie, 30, p. 1-16, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. Journal of Chemical Education. 70(9), p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Macro and micro-chemistry. The School Science Review, p. 64-377, 1982.

JONG, O. D.; van DRIEL, J. H.; VERLOOP, N. Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. Journal of Research in Science Teaching, 42, p. 947-964, 2005.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. Enseñanza de las Ciencias, 24(2), p. 173-184, 2006.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. International Journal of Science Education, 24(12), p. 1273-1292, 2002a.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), p. 369-387, 2002b.

JUSTI, R. La Enseñanza de Ciencias Basada en la Elaboración de Modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), p. 173-184, 2006.

JUSTI, R.; van DRIEL, J. The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), p. 549 - 573, 2005.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(12), p. 1273-1292, 2002a.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), p. 369-387, 2002b.

KOZMA, R.; RUSSEL J. Pupils Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. GILBERT (ed.) *Visualization in Science Education*. Springer. p. 121-146, 2007.

KOZMA, R., CHIN, E., RUSSELL, J., & MARX, N. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143, 2000.

LOCATELLI, S.; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Metavisualization: An Important Skill in the Learning Chemistry. *Problems of Education in the Twenty First Century*, 24, p. 75-83, 2010.

MALDANER, O. A Formação inicial e continuada de professores de Química: professores/pesquisadores. 1. Ijuí (RS): Ed. Unijuí, 2000.

MARTINS, O. B.; MOSER, A. Conceito de mediação em Vygotsky, Leontiev e Wertsch. *Revista Intersaberes*, 7(13), p. 8-28, 2012.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 32, p. 273-277, 2000.

NERSESSIAN, N. J. Model-based reasoning in conceptual change. Em: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Eds.). *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer/Plenum, p. 5-22, 1999.

ONRUBIA, J. Ensinar: criar zonas de desenvolvimento próximo e nelas intervir. Em: COLL, C. et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, p. 123-151, 2009.

PAGANINI, P.; JUSTI, R.; MOZZER, N. B. Mediadores na coconstrução do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. *Ciência & Educação*, 20(4), p. 1019-1036, 2014.

PEIRCE, C.S. Semiótica. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

_____. Writings of Charles S. Peirce: A Chronological Edition, V. 1. Peirce Edition Project (Eds.). Indianapolis; Bloomington: Indiana University Press, 1981.

POZO J. I.; WMEZ, M. A.; LIMON, M., SAN, A. Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, 1991.

REIMUND, W. Ikonizität und emotionale Bedeutung bildlicher Darstellung. Frankfurt/Main: Lang. 1993.

SANGIOGO, F. A.; ZANON, L. B. Reflexões sobre Modelos e Representações na Formação de Professores com Foco na Compreensão Conceitual da Catálise Enzimática. Química Nova na Escola, 34(1), p. 26-34, 2012.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. Imagem: cognição, semiótica, mídia. São Paulo: Iluminaras, 2008.

SANTOS, H. F. O Conceito da Modelagem Molecular. Química Nova na Escola, 4, p. 4-5, 2001.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. Química cidadã. São Paulo: AJS, 2013.

SILVA, M. P. M. A construção da escrita no sujeito surdo, 1999. Dissertação (Mestrado em educação na área de psicologia educacional). Universidade Estadual de Campinas – Campinas SP, 1999.

SPERBER, D. Anthropology and psychology: Towards an epidemiology of representations. p. 73-89, 1985.

TREAGUST, D.; & CHITTLEBOROUGH, G; MAMIALA, T. Students' Understanding of the Descriptive and Predictive Nature of Teaching Models in Organic Chemistry. Research in Science Education. 34, p. 1-20, 2004.

VIGOTSKI, L. S. The instrumental method in psychology. Em: Wertsch, J. V. (org.). The concept of activity in Soviet psychology. New York: ME Sharp Pub., p. 134-143, 1981.

VIGOTSKI, L. S. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

VIGOTSKI, L. S. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

VRIES, M. G.; ARROIO, A. A importância de diferentes mediadores na representação de modelos sobre a estrutura descontínua e transformação da matéria. Em: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química. Anais do XVIII ENEQ. Florianópolis: 2016.

VRIES, M. G.; ARROIO, A. Construindo atividades de modelagem sobre a estrutura e transformação da matéria em sala de aula: uma análise sobre suportes necessários. Em: X

Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Anais do X Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Sevilha/Espanha: 2017.

VRIES, M. G.; FERREIRA, C; ARROIO, A. Concepções de licenciandos em química sobre visualizações no ensino de ciências em dois países: Brasil e Portugal. Química Nova. 37(3), p. 556-563, 2014.

WEIDENMANN, B. Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern. Bern: Hans Huber. 1988.

WERTSCH, J. V. Vygotsky y la formación social de la mente. Barcelona: Paidós, 1985.

WERTSCH, J. V.; DEL RIO, P.; ALVAREZ, A. Estudos socioculturais da mente. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WHARTA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da semiótica de Peirce. Investigações em Ensino de Ciências. 16(2), p. 275-290, 2011.

ZABALA, A. Enfoque Globalizador e Pensamento Complexo: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: Artmed, 2002.

APÊNDICE A – Ficha de elaboração conceitual sobre transformações físicas e químicas

ESTUDO DAS TRANSFORMAÇÕES

Todos nós conhecemos uma grande variedade de materiais e podemos observar, frequentemente, as suas transformações.

Transformação quer dizer mudança, alteração, modificação. Quando se pretende estudar algo, para verificar se está se transformando, devemos **isolar** este objeto de estudo para observá-lo melhor. Isolar um corpo ou um conjunto de corpos com o objetivo de estudá-lo é constituir um **sistema**. Se quisermos, por exemplo, estudar a queima do açúcar, o sistema será uma porção de açúcar. Em outras situações, o sistema pode ser formado por duas bolinhas sofrendo colisão ou pelos vários órgãos envolvidos na respiração humana ou ainda pelos animais e vegetais de uma grande floresta. Todo o resto que não faz parte do sistema é o **ambiente** ou **vizinhanças**.

No estudo de uma transformação, damos a descrição completa do sistema antes e depois da mudança. Várias características (ou **propriedades**) como a cor, o brilho, o cheiro, o sabor, a dureza, a forma, o volume, a massa e a temperatura servem para definir o **estado inicial** e o **estado final** do sistema. Comparando-se as propriedades do sistema nos estados inicial e final, podemos tirar conclusões sobre a transformação que ocorreu. Veja um exemplo para a transformação da queima do açúcar.

Estado inicial	Estado final
Antes do aquecimento	Depois do aquecimento
sólido branco feito de cristais	sólido preto sem cristais
sabor doce	sabor amargo
o material dissolve-se em água	o material não se dissolve em água
o material não tem cheiro	o material tem cheiro

Comparando-se o sistema antes e depois do aquecimento, observam-se várias diferenças. Isso significa que o aquecimento provocou uma transformação do açúcar.

Tipos de Transformação

As transformações da matéria dividem-se em dois tipos: as **físicas** e as **químicas**. Você irá aprender a classificar as transformações, começando pela leitura dos vários exemplos a seguir.

Exemplo 1

Imagine uma bola de ferro. Podemos achatá-la, por meio de marretadas, até obter uma fina chapa do metal. Em outra experiência, podemos deixar a bola de ferro exposta ao ambiente

durante um certo tempo. Ao final, vemos que a superfície da bola mudou de cor e perdeu o brilho, assumindo um aspecto enferrujado.

Exemplo 2

Colocamos alguns ovos para cozinhar em uma panela. O sistema é aquecido por 10 minutos. Deixamos esfriar por mais 15 minutos. Nota-se que a panela volta a temperatura ambiente. Os ovos, embora também se esfriem, têm um conteúdo diferente dos ovos crus.

Exemplo 3

A luz que bate em um espelho é refletida, sem que o espelho se danifique. Por outro lado, quando a luz penetra em uma câmara fotográfica e incide sobre o filme, ocorrem transformações que produzem substâncias coloridas, as quais compõem a imagem na fotografia.

Exemplo 4

Imagine um copo que cai da mesa. O choque contra o chão provoca a quebra do copo em vários cacos de vidro. Mas quando você atira um traque (“biribinha”) contra o chão, há uma pequena explosão e o traque não vai funcionar outra vez.

Exemplo 5

Você já deve ter acendido a luz do seu quarto algumas milhares de vezes. Em cada uma delas, você acionou a passagem de eletricidade pelos fios que chegam à lâmpada, sem que houvesse, dia após dia, qualquer dano aos materiais que compõem o sistema. Em outra situação, quando passamos uma corrente elétrica através da água, notamos a formação de dois gases: o hidrogênio e o oxigênio, que faziam parte da água, se desprendem para o ambiente.

Cada um dos exemplos acima traz uma transformação física e outra química. Veja a seguir como são classificadas as transformações e depois responda as questões propostas.

As **transformações físicas** são:

- o achatamento da bola de ferro
- o aquecimento e o resfriamento da panela
- a reflexão da luz no espelho
- a quebra do copo
- a passagem de corrente elétrica pelos fios e pela lâmpada

As **transformações químicas** são:

- o enferrujamento da bola de ferro
- o cozimento do ovo
- a sensibilização do filme fotográfico pela luz

- a explosão do traque
- a formação dos gases oxigênio e hidrogênio a partir da água

Questões

1) Partindo dos exemplos, tente classificar as seguintes transformações em físicas ou químicas.

- a) a queima de gás de cozinha
- b) a atração magnética
- c) a fusão de plásticos
- d) a preparação de iogurte
- e) a dissolução de um comprimido de Sonrisal
- f) a vibração das cordas de um violão
- g) a respiração celular
- h) a fusão do alumínio
- h) decomposição de alimentos

2) Quais das transformações da questão 1:

- a) apresentam formação de novas substâncias?
- b) mantêm as propriedades dos materiais?

3) Agora que você já conhece vários exemplos e algumas características de transformações químicas e físicas, proponha uma **definição** para cada um dos tipos e explique como podemos, experimentalmente, **diferenciar** uma transformação da outra.

- a) transformação química
- b) transformação física

TRANSFORMAÇÕES ENDOTÉRMICAS E EXOTÉRMICAS

Tanto as transformações físicas quanto as químicas podem ser classificadas como endotérmicas ou exotérmicas. Após as discussões realizadas em sala de aula, classifique cada uma das definições apresentadas abaixo em um dessas categorias.

Transformações que ocorrem liberando energia para o ambiente (ou vizinhança):

Transformações que ocorrem capturando energia do ambiente (ou vizinhança):

Questões

1) Classifique as seguintes transformações de estado físico em endotérmicas ou exotérmicas

i) Sólido $\rightarrow$ Líquido: _____

ii) Líquido $\rightarrow$ Gasoso: _____

iii) Sólido $\rightarrow$ Gasoso: _____

iv) Gasoso $\rightarrow$ Líquido: _____

v) Líquido $\rightarrow$ Sólido: _____

vi) Gasoso $\rightarrow$ Sólido: _____

2) Classifique cada processo como endotérmico ou exotérmico e adicione “+E” nas equações abaixo do lado dos reagentes ou dos produtos.

i) etanol(g) + oxigênio(g) _____ $\rightarrow$ dióxido de carbono(g) + água(g) _____

ii) octano(g) + oxigênio(g) _____ $\rightarrow$ dióxido de carbono (g) + água(g) _____

iii) gás carbônico + água _____ $\rightarrow$ glicose + oxigênio _____

iv) acetona(l) _____ $\rightarrow$ acetona(g) _____

v) água(g) _____ $\rightarrow$ hidrogênio(g) + oxigênio(g) _____

vi) dióxido de carbono(l) _____ $\rightarrow$ dióxido de carbono(s) _____

3) A classificação da queima do gás de cozinha em endotérmica ou exotérmica pode causar dúvidas, já que acendemos uma faísca ao sistema inicialmente (absorção de energia), mas posteriormente há intensa liberação de calor. Como você classificaria esse processo e por quê?

4) Mostre através de argumentos e equações químicas porque (i) a energia gerada nas usinas hidroelétricas são dependentes da energia solar e (ii) a energia que obtemos dos alimentos (considerando que estes sejam fontes de glicose) também dependem dessa forma de energia.

(i)

(ii)

APÊNDICE B – Roteiro de laboratório 1: Transformações físicas e químicas

OBJETIVOS

- Observar indícios que diferenciam as transformações físicas e químicas
- Observar indícios que diferenciam as transformações endotérmicas e exotérmicas
- Construir equações químicas para os diferentes processos

PROCEDIMENTO E QUESTÕES

Experiência 1: Transformação do iodo (DEMONSTRATIVA)

- 1) Usando a espátula, adicione alguns cristais de iodo ao béquer.
- 2) Registre, na coluna esquerda da tabela abaixo, as características iniciais do iodo (cor, estado físico, entre outros).
- 3) Coloque o béquer sobre a tela de amianto.
- 4) Coloque o vidro de relógio sobre o béquer para que funcione como uma tampa.
- 5) Acenda a lamparina e aqueça o conteúdo do béquer.
- 6) Registre o que ocorre durante a transformação.
- 7) Apague a lamparina. Retire o vidro de relógio e observe a superfície que entrou em contato com o vapor. Anote na coluna direita as características do material presente no fundo do vidro de relógio.

Estado inicial	Durante a transformação	Estado final

- a) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação física ou química.

b) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação endotérmica ou exotérmica.

c) Construa uma equação química para representar o processo

Experiência 2: Transformação de duas soluções

Você dispõe de duas soluções aquosas: uma de nitrato de chumbo e outra de iodeto de potássio. Registre na coluna esquerda da tabela, as características destas soluções.

Estado inicial	Durante a transformação	Estado final

- 1) Coloque cerca de 3 mL (altura correspondente entre 1 ou 2 dedos na horizontal) de solução de nitrato de chumbo em um tubo de ensaio. Acrescente o mesmo volume de solução de iodeto de potássio. Agite e observe. Anote, na coluna central, o que observou durante o processo.
- 2) Deixe o tubo em repouso, na estante, por algum tempo. Vá para uma próxima atividade e, ao final, retome o item 11.
- 3) Observe o material no tubo e anote suas características na coluna direita da tabela anterior.
 - a) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação física ou química.

b) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação endotérmica ou exotérmica.

c) Construa uma equação química para representar o processo

Experiência 3: Transformação do dicromato de amônio (DEMONSTRATIVA)

Registre na tabela abaixo as características do dicromato de amônio.

Estado inicial	Durante a transformação	Estado final

- 1) Embeba um algodão com álcool, acenda-o e adicione ao dicromato de amônio
- 2) Registre, na coluna central da tabela, o que ocorre durante o processo.
- 3) Registre, na coluna à direita, como é o produto da transformação.
- 4) O processo para após a chama cessar? Explique

a) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação física ou química.

b) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação endotérmica ou exotérmica.

c) Construa uma equação química para representar o processo

Experiência 4: Transformação do sulfato de cobre hidratado

- 1) Coloque uma ponta de espátula de sulfato de cobre hidratado em um tubo de ensaio seco.
Caracterize o material.

Estado inicial	Durante a transformação	Estado final

- 2) Aqueça o sal na chama da lamparina até a transformação observada se complete. Registre na coluna central o que ocorreu durante o aquecimento.
- 3) Apague a lamparina.
- 4) Como é o material final? Anote na coluna direita.
- 5) Deixe o tubo em repouso na estante até que atinja a temperatura ambiente.

- 6) Adicione algumas gotas de água sobre o sal. Observe alterações de cor e de temperatura. O que ocorreu?

- a) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação física ou química.

- b) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação endotérmica ou exotérmica.

- c) Construa uma equação química para representar o processo

Experiência 5: Solução de nitrato de prata e cobre metálico

- 1) Você dispõe de um fio de cobre em sua bancada. Registre na tabela as suas características.
- 2) Coloque em um tubo de ensaio solução de nitrato de prata. Registre na tabela as suas características.

Estado inicial	Durante a transformação	Estado final
Fio de cobre:	Fio de cobre:	Fio de cobre:

Solução de nitrato de prata:	Solução de nitrato de prata:	Solução de nitrato de prata:
------------------------------	------------------------------	------------------------------

3) Adicione o cobre à solução de nitrato de prata. Observe o que ocorre durante a transformação. Verifique a temperatura do tubo de ensaio. Registre na coluna central.

4) Observe com o estereoscópio o fio de cobre.

a) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação física ou química.

b) Aponte e JUSTIFIQUE se se trata de uma transformação endotérmica ou exotérmica.

c) Construa uma equação química para representar o processo

APÊNDICE C - Ficha de conceitualização sobre a conservação da matéria e modelo atômico de Dalton

Parte A

Considere as seguintes transformações químicas

1. A substância peróxido de hidrogênio (água oxigenada) no estado líquido se decompõe em duas substâncias: água e oxigênio, ambos no estado gasoso.
 - a) Construa uma equação química para representar o processo
 - b) Considere que 340 g de peróxido de hidrogênio ao se decompor formem 180 g de água. Qual é a massa de oxigênio produzida?
 - c) Considerando as informações acima, qual seria a massa de oxigênio produzida caso 1020 g de peróxido de hidrogênio se decompusesse?

2. O ácido clorídrico, dissolvido em água, reage com o magnésio metálico*, formando dois produtos: o cloreto de magnésio, dissolvido em água, e o gás hidrogênio.
 - a) Construa uma equação química para representar o processo
 - b) Considere que 730 g de ácido clorídrico reagem com 243 g de magnésio, formando x gramas de cloreto de magnésio e 20 g de hidrogênio. Calcule x.
 - c) Considerando as informações acima, qual seria a massa de hidrogênio e de cloreto de magnésio produzidas caso reagissem 146 g de ácido clorídrico com 48,6 g de magnésio?
 - d) Qual seria a massa de hidrogênio e de cloreto de magnésio produzidas caso reagissem 150 g de ácido clorídrico com 48,6 g de magnésio?

* a expressão magnésio metálico significa que o magnésio está no estado sólido, puro. O mesmo pode ser usado para demais elementos metálicos, por exemplo, “ferro metálico”, “cobre metálico”, “ouro metálico”, entre outros.

3. Consideração a conservação da matéria e a lei das proporções constantes, complete as tabelas abaixo (descubra os valores de x, y, z e w)

Ferro(s) + Oxigênio(g) → Óxido de ferro(s)		
112 g	48 g	X
y	144 g	Z
450 g	192 g	W

Octeno(l) + Hidrogênio(g) → Octano(l)		
112 g	X	114 g
y	Z	456 g
570 g	10 g	W

Parte B

Dalton propõe que a matéria seja formada por átomos. Apesar das definições de determinados compostos terem sido realizadas de maneira equivocada, seu modelo para a estrutura da matéria, unido ao conhecimento atual da composição das substâncias, pode ser usado para explicar e representar as transformações químicas.

Considere as seguintes definições:

- A substância hidrogênio (gás hidrogênio) é formada por constituintes de 2 átomos do elemento hidrogênio.
- A substância oxigênio (gás oxigênio) é formada por constituintes de 2 átomos do elemento oxigênio.
- A substância água é formada por constituintes de 2 átomos de hidrogênio e 1 átomo de oxigênio.
- A substância água oxigenada é formada por constituintes de 2 átomos de hidrogênio e 2 átomos de oxigênio.
- A substância magnésio metálico é formada por átomos do elemento magnésio.
- A substância ferro metálico é formada por átomos do elemento ferro.

- A substância óxido de ferro é formada por dois átomos de ferro e 3 átomos de oxigênio.
- A substância cloreto de magnésio é formada por 1 átomos de magnésio e 2 átomos de cloro.
- A substância ácido clorídrico é formada por constituintes de 1 átomo de hidrogênio e 1 átomo de cloro.
- A substância octeno é formada por constituintes de 8 átomos de carbono e 8 átomo de hidrogênio. Já o octano, por constituintes de 8 átomos de carbono e 10 átomos de hidrogênio.

Elemento	Símbolo
Hidrogênio	H
Oxigênio	O
Carbono	C
Cloro	Cl
Magnésio	Mg
Ferro	Fe

4. Escreva a fórmula química de todas as substâncias citadas anteriormente.
5. Reescreva todas as equações químicas da página anterior com a linguagem simbólica.
6. Balanceie as equações de modo a respeitar a conservação da matéria.

APÊNDICE D – Roteiro de entrevistas semiestruturadas

1. Você já havia realizado esse tipo de atividade anteriormente? Se sim, em que momento
2. Ficou claro o objetivo da atividade? As instruções foram suficientes?
3. Encontrou facilidade ou dificuldade ao realizar a atividade? Descreva.
4. Qual foi a importância de ter realizado a atividade em duplas? Você se lembra de momentos de interação específicos?
5. Em relação ao vídeo, você considerou esse importante para a realização da atividade? Descreva.
6. Qual é a importância que você vê nesse tipo de representação para dois objetivos diferentes: (i) Ajudar a realizar o balanceamento da equação e (ii) visualizar o que ocorre durante a transformação?

APÊNDICE E – Transcrição das entrevistas realizadas com os estudantes

Entrevista 1

P: Vocês lembram de ter feito alguma atividade com essa anteriormente ou não?

A1: Não

A2: Eu acho que a gente fez algumas no sexto ano na verdade, a gente fez um pouco de desenho e a gente trabalhou um pouco com os modelos tridimensionais no sexto, no começo eu acho

A1: É já aconteceu da gente fazer atividade, principalmente de ciências naturais com desenho

P: Ano passado parece que vocês fizeram pelo menos das partículas, para entender o movimento das partículas...

A1: Sim

P: Mas essa noção de partícula você já tinha um pouco eu imagino...

A1 e A2: Sim

P: Quando foi proposta a atividade, vocês acham estava claro o que tinha que ser feito? Por exemplo, vocês tinham que representar em nível de partículas um recipiente com água... Vocês acham que estava claro o que era para ser feito na atividade?

A2: Eu acho que sim

A1: Ah eu também acho que ficou bem claro, a questão que eu tive dificuldade na atividade foi em desenhar a partícula que eu não sei exatamente como ela vai se organizar, isso eu acho meio preocupante assim

P: Ah sim, mas eu estive falando que não tem problema saber a organização dos átomos, o mais importante principalmente na parte de equação química é a quantidade, a organização vocês vão aprender ainda...

A1: Ah mas tirando isso ficou bem claro

P: E vocês pessoalmente, mas também se puderem comentar sobre o que acharam que aconteceu com os colegas, essa atividade é fácil, é difícil, como ela é?

A2: Ela não é difícil, ela é fácil, mas ela pode ficar um pouco mais trabalhosa quando aparecem moléculas maiores tipo a do dicromato de amônio.

P: Mas com um pouquinho de paciência dá para ir construindo né... Vocês estão acostumados a fazer as atividades aqui na vila em dupla mas aí eu te queria pedir para vocês tentarem refletir um pouquinho sobre essa mais especificamente, qual foi a importância de fazer essa atividade em dupla, se vocês ajudaram foram ajudados, como vocês vem essa questão de fazer atividade sempre em companhia e não sozinhos?

A1: Eu acho que tem os dois lados, eu acho que depende muito da pessoa, tem pessoas que têm mais facilidade de fazer as coisas sozinha. Principalmente quando elas estão um pouco

mais avançadas em determinada matéria elas ficam um pouco incomodadas de ter que fazer algo com alguém que não estão no mesmo nível que elas. Pode ser tanto acima como abaixo, mas normalmente isso acontece quando a pessoa está um pouco mais avançada e tem pessoas que tem prazer de ajudar alguém. Eu acho que vai muito para cada pessoa, mas no geral eu acho que essa atividade poderia ter sido feita individual, sem problemas.

P: Você lembra de alguma coisa mais específica de ter feito ela em dupla e ter com acontecido algum...

A2: Eu acho que eu concordo um pouco com ele, a atividade pode ser feita tanto em dupla como individualmente.

P: Mas eu perguntava sobre esse em específico, vocês se lembram de algum episódio específico que a questão de estar em dupla ajudou ou não...

A1: O exemplo que eu lembro é que quando a gente fez o exemplo do metanol tinha muitos elementos, eu estava confuso sobre como tinha que desenhar. Depois que eu descobri eu fui contando para as pessoas e as pessoas foi foram desenhando desse jeito. Ah, eu acho que isso ajudou um pouco a realizar a atividade, ficar um pouco mais organizada...

P: Por exemplo, eu poderia ter ido a lousa e mostrado alguns exemplos, mas ao invés disso vocês foram aprendendo entre vocês. Uma pessoa que conseguiu fazer, foi ensinando a outra, então para tentar entender mais ou menos essa relação entre vocês porque eu vejo algumas acontecendo na minha frente, mas eu não dou conta de tudo, como vocês estão se relacionando. Então era para saber como é que tinha sido isso aí

...

A parte da equação química, eu tenho duas perguntas, a primeira é: fazer esses desenhos... o quanto vocês acham que fazer esse desenho ajuda no balanceamento da equação, se ajuda ou se não ajuda, e a outra pergunta é: o quanto fazer os desenhos ajuda a vocês visualizarem como que acontece a reação, ou seja, tudo isso que eu falei poderia ter sido feito somente olhando a fórmula química das substâncias, mas eu pedi para vocês fazerem uma etapa mais que é desenhar essas substâncias, ou seja, o quanto vocês acham que isso é útil para essas duas finalidades: uma é balancear e a outra é visualizar como acontece o processo?

A2: Eu acho que definitivamente ajuda...

P: Para qual dos aspectos?

A2: Para os dois, porque quando você olha para a fórmula química claro que dá para você perceber tudo, dá para balancear direito, onde foi parar em cada elemento, mas quando você desenha você visualmente vê o desenho, cada átomo de uma partícula que tinha para onde que ela foi, como é o seu arranjo, se arranjou, então fica mais claro para você ver se está faltando alguma ou está sobrando alguma para você balancear, tanto para você entender para onde foi cada uma

A1: É, eu acho que para a introdução da química... porque é muito difícil, acho que para ciências naturais principalmente, física e química, conseguir explicar simplesmente uma coisa que está acontecendo mas que você não está vendo, então quando você desenha para uma

peessoa que está sendo introduzida agora fica muito fácil de você identificar, fica mais fácil de fazer depois... você já cria a imagem na cabeça na hora de fazer a fórmula mesmo sem o desenho, mas para as pessoas que eu acho que tem um pouco mais de interesse na matéria... Claro você não tem que colocar a vontade de três pessoas acima de todo mundo, mas para as pessoas que já fizeram uma pesquisa prévia, ou tem interesse na matéria, acho que o desenho fica um pouco repetitivo assim... Claro, tem coisas novas que você aprende em cada desenho, mas na grande maioria quando você está pensando no balanceamento, normalmente quando você já está familiarizado com o modelo atômico conecta mais rápido

P: Bacana... E a última pergunta que eu tenho é sobre a questão do vídeo que eu trouxe para vocês no dia que vocês foram fazer essa atividade. Não sei se vocês lembram mas vocês tinham computador ou tablet e dava para visualizar essas reações, vocês tinham que representar a reação mas era possível ver a reação que foi feita lá no laboratório. Eu filmei os vídeos, disponibilizei para vocês, e vocês iam representando vendo o vídeo. Vou deixar a primeira pergunta mais aberta mas depois eu dou uma direcionada nela, o quanto que vocês acham que foi importante ter o vídeo? Ou se não foi, ou se foi, por qual aspecto.

A2: Acho que o vídeo te ajuda se você não estiver lembrando exatamente qual é a reação, o que acontece, o vídeo te ajuda a lembrar melhor, mas eu acho que é isso que ele falou, se você já está mais familiarizado com a coisa, o vídeo não é tão necessário, mas se você ainda está com dúvida não está entendendo direito o vídeo pode ajudar sim

A1: Acho que o importante do vídeo é que quando você está vendo uma reação ao vivo assim que você vê... Assim, tem coisas que você percebe, tem coisas que você não percebe e fica uma experiência meio singular assim, cada um tira uma coisa diferente do que percebeu, às vezes são muitas coisas parecidas mas quando você vê o vídeo e você pode ver mais de uma vez você consegue fotografar o processo muitas vezes e isso acaba facilitando quando você está, por exemplo, fazendo as equações... Ah está no estado aquoso, no sólido, gasoso... Quando você vê o que está acontecendo ali, muitas vezes você acaba percebendo coisas que você não percebeu na primeira vez e isso ajuda na hora, fica fácil de visualizar

P: Antes o vídeo tinha uma função maior de ajudar a fazer a modelagem, mas quando eu apresento a equação química para vocês talvez o vídeo não seja tão necessário, por que enfim você tem a fórmula que é o que você tem que seguir, mas fazer a representação agora talvez ajude no processo inverso, ou seja, você está vendo o vídeo, a experiência que naquele primeiro momento você só viu um monte de coisa acontecendo, mas agora com a fórmula química e com o desenho a ideia é que talvez agora vocês pudessem dar mais sentido ainda para o vídeo, certo? Não vídeo ajudar a representar a equação, mas a equação ajudar a dar sentido ao que o vídeo apresenta. Tem uma relação clara para vocês, da equação química com aquilo que o vídeo apresenta?

A2: Acho que sim

A1: Eu acho que quando você constrói a imagem na sua cabeça, antes de ver... Na hora que você vê você conecta mais rápido e aquele negócio que eu falei, quando você não sabe o que está acontecendo e você vê, você tira uma coisa, mas quando você sabe o que está acontecendo mas você não está vendo, a partir do momento que você vê, você já começa a

conectar mais rápido, já começa a perceber coisas que se você não tivesse visto o vídeo não conseguiria

Entrevista 2

P: Foi a primeira vez que vocês fizeram esse tipo de atividade... De representar as coisas como partículas...? A3: Não, eu já tinha representado, porque eu aprendi no ano passado isso

P: Mas então você pegava as equações químicas e transformava para bolinhas, desenhos...?

A3: Então o professor desenhava as bolinhas, mas ele fazia na lousa, não era a gente que fazia, acho que esse ano eu estou exercitando mais, mas a gente tinha essas coisas de fazer equação

A4: A gente já fez isso aqui na escola, mas foi para escrever a evaporação...

P: As transformações físicas, certo? Especialmente ano passado.

A4: Sim, mas nada de fórmula química

P: Ok, e como vocês avaliaram ter feito isso? Foi difícil entender o que tinha que fazer, foi fácil, como que era?

A4: Não foi muito difícil, mas a parte de... É meio cansativo assim, mas não foi muito difícil de fazer

A3: É eu achei que é mais complicado desenhar, porque além de ter que desenhar tem aquelas questões depois de geometria e tal que eu aprendi também, mas eu não achei tão difícil, mas eu acho bom para exercitar.

P: Legal. Principalmente a aluna 3 que veio de outra escola, aqui agora vocês fazem muita coisas em dupla certo? Sobre essa atividade em específico, vocês se lembram de como que foi fazer isso em dupla? Vocês lembram de ter ajudado bastante, de terem recebido ajuda... Como que era fazer essa atividade em dupla?

A3: Ah, eu fiquei no dia das atividade com um colega que também sabia fazer, então a gente ficou se ajudando bastante, e como eu já tive essa matéria e também o colega sabia bastante dessa matéria, a gente ficou se ajudando na hora de desenhar

P: E você lembra como que era... Um mostrava como que tinha feito ou ajudava como fazer...

A3: É, às vezes ele tinha conseguido fazer e eu não sabia e aí ele me ajudava e outras vezes era ao contrário, ele me ajudava a desenhar e a gente fazia juntos os desenhos, mas de equação cada um foi fazendo porque pelo menos pra mim foi mais fácil do que os outros

A4: Eu acho que fazer em dupla ajuda bastante assim, agrega hipóteses de como fazer de como balancear.

P: Tá, bacana, e sobre ter feito o desenho da equação. Fazer o desenho tem várias coisas que para mim poderia facilitar ou não, mas gostaria de saber opinião de vocês pessoalmente o quanto ajuda a balancear a equação ou não, e quanto fazer o desenho ajuda a visualizar o processo?

A3: Eu acho que fazer o desenho ajuda bastante a visualizar como está sendo feita a transformação, porque principalmente física dá para ver... Na verdade química, quando aparece uma nova ou quando separa duas substâncias fica melhor de visualizar, mas eu achei bem interessante que eu sempre fiz a equação primeiro e depois as bolinhas e ajudou bastante na hora de balancear, depois para passear para bolinha porque já estava tudo separadinho

P: Então você fez primeiro o balanceamento e depois o desenho?

A3: Isso

A4: Basicamente o que ela disse, ajuda bastante na hora de balancear e a exemplificar a equação para entender melhor o que são aquelas letras...

P: E por último é a questão do vídeo, no dia que vocês foram fazer as representações, eu também disponibilizei o vídeo através de computador ou tablet e vocês tinham um vídeo para retornar o que foi feito no laboratório. Qual que foi o papel do vídeo, ou se não teve papel também... Mas o que vocês acham, que o vídeo ajudou, não ajudou?

A3: Eu achei que foi bom para visualizar de novo, para relembrar e ajudou também para ver de perto assim, porque às vezes no laboratório pode ficar distante demais na hora de ver ou às vezes não conseguir prestar atenção, mas achei que o vídeo ajudou bastante, porque podia dar zoom assim, eu achei que ajudou bastante.

A4: É prático ver no vídeo do que ver no laboratório, ver os estados físicos também ajuda

P: Porque no passado eu usei o vídeo para ajudar na representação mas esse ano como eu passei as fórmulas eu acho que vocês não usaram tanto o vídeo para fazer representação porque vocês usavam principalmente a fórmula, o vídeo não tinha uma função muito específica nesse caso, mas de qualquer forma talvez você não tenha feito isso na hora, mas vocês acham que visualizar isso agora, ter essas representações e desenhos, vocês conseguem ver uma relação com o vídeo do que está acontecendo ali na prática, na realidade...?

A3: Sim, sim dá para ver bastante, eu achei até que facilitou o vídeo para mim pelo menos, achei que ajudou

Entrevista 3

P: Bom, então, é para saber como é que foi fazer a atividade. Aí tem algumas questões mais específicas que eu vou perguntando, tá bom? Então vamos lá: vocês começaram quando eu pedi para vocês representarem um recipiente com água, só que em nível de partículas. Enfim, desde essa atividade, que foi a primeira, vocês acham que ficou claro o que era para ser feito? Como que vocês foram fazendo? O que vocês tiveram que perguntar ou fazer para entender o que tinha que ser feito nessa atividade?

A5: Ah eu acho que ficou bem claro como devia que ser feito... É, basicamente isso.

P: Vocês já tinham feito alguma coisa parecida com isso antes?

A6: No ano passado a gente desenhava algumas coisas assim, tipo, as partículas.

A5: Mas era bem pouco.

A6: É, era bem pouco. Acho que o que eu mais tive dificuldade foi, tipo, na equação, tipo...

[P: Na fórmula]

A6: Nas fórmulas de cada molécula, de reconhecer o que era cada um, tipo “Na” era... Não lembro que era.

P: O sódio.

A6: Sódio. Então acho que essa foi a minha maior dificuldade. E, talvez, na hora de desenhar, tipo, essa questão de ter que representar que as partículas estavam todas juntas, tipo aglomeradas. Porque eu tinha a desenhado só como ficavam as partículas. Tipo, aqui, uma partícula só, e não tinha feito esses pontinhos aqui que mostravam...

A5: Aglomeração.

A6: Aglomeração, que elas estavam unidas e tinha várias delas. Mas depois, tipo, mais pra frente eu entendi o que tinha que fazer foi mais tranquilo.

P: Entendi. Então, porque justamente é essa a relação, né. Isso aqui tenta representar, em nível de partículas, o que é um recipiente com água de verdade, aquilo o que a gente vê. Como é que fica essa transição entre aquilo o que a gente vê, que não tem nada a ver com isso, mas ao mesmo tempo a gente está afirmando que isso representa aquilo. Como vocês acham que é vivenciar esse negócio, acho que é um pouco diferente de qualquer outra disciplina que vocês tem?

A6: Ah, acho que o da água, talvez, foi o mais fácil, porque todo mundo meio que sabe que... Não só na água, mas qualquer substância, todo mundo sabe que tem moléculas ali por trás que vão compor aquilo, mas não necessariamente que ela se organizam, tipo, desse modo, ou [A5: De uma certa forma] que todas são iguais, que todos vão ter a mesma estrutura sempre.

A5: O negócio da aglomeração, também.

A6: Acho que, talvez, o mais difícil de imaginar, pra desenhar foi o [item] C, que tinha que desenhar o material evaporando. Que, daí, foi o mais difícil de imaginar como seriam, tipo... as partículas evaporando

A5 (ao mesmo tempo): As partículas evaporando.

A6: Se, tipo, elas teriam a mesma organização, como que seria.

A5: As partículas se dividindo.

P: Bacana. De modo geral, assim, considerando tanto as primeiras como as demais, vocês consideram que, de maneira geral, foi fácil? Foi difícil? O que vocês viram sobre os colegas de vocês fazendo as atividades, como vocês acham que eles lidam com ela?

[A5: Ah, sei lá]

P: A intenção é assim: será que vocês conseguiram observar algumas dúvidas mais específicas sobre essa atividade em si? Quais são as principais facilidades ou dificuldades quando a gente pensa nessa atividade em específico?

A6: Pra mim, acho que a maior dificuldade foi ver como que de fato a molécula ia ficar organizada, por exemplo: pra desenhar essa daqui, eu lembro de ter te perguntado várias vezes, em todas as moléculas, como que eu ia desenhar, tipo, por mais que eu imagine... [A5: Onde eu vou colocar cada uma.] Quando você fala, tipo, 'ah, NO₃. E aí você desenha isso', tipo, por mais que eu saiba tem uma molécula desse e três desse, eu acho que na hora de desenhar eu me embaralho um pouco, tipo, e como elas vão estar organizadas.

P: Você quer desenhar o jeito certo. (risos)

A6: É, tipo, como é que elas vão estar organizadas, porque eu desenho, só que sei que elas não se organizam assim mas eu sei que tem essa quantidade, esses átomos dentro dessa molécula. Então, eu acho que essa foi minha maior dificuldade, mas de forma geral, os desenhos em si eu não achei uma atividade difícil.

A5: Eu achei fácil, também.

A6: Acho que mais difícil do que os desenhos foi a parte do balanceamento, depois.

A5: É, o balanceamento no começo foi bem difícil mas depois você pega o jeito, então, é mais fácil.

P: [Tá] Eu vou chegar nessa pergunta do balanceamento, mas antes, na Vila, vocês são acostumados a fazer muita coisa em dupla certo? Essa atividade em específico vocês lembram do quanto, como essa interação ocorria, por exemplo: vocês tiveram que conversar muito com quem estava ao redor? Vocês ajudaram muito quem estava ao redor? Ou foram ajudados? Como que foi isso?

A5: Eu fui bastante ajudado, por que no começo eu não estava entendendo o que era para fazer, mas depois eu comecei a fazer sozinho as coisas, e eu acho que a gente não teve muita interação com a dupla só quando pediam ajuda, essas coisas, a gente ajudava.

P: Pra entender o propósito da atividade?

A6: Ah, no meu caso eu acho que foi ao contrário, porque, se eu não me engano eu acho que eu fiz com a aluna X, eu não lembro, e eu gosto muito de fazer as coisas bonitinho, né, tipo assim, desenhar bonitinho. Eu tava fazendo com a aluna X e a gente tava meio que compartilhando, tipo, o desenho, cor, um monte de coisas, assim, a gente estava fazendo bem parecido então a gente estava meio que fazendo juntas, sabe? Tipo, alguma que eu não sabia, ela me ajudava, alguma que ela não sabia, eu ajudava. Acho que a gente interagiu bastante, também por conta de tudo isso, e também na parte dos desenhos, em relação a como estruturar os desenhos das moléculas e tudo mais.

P: Bacana. [Acho que vocês já me responderam um pouquinho disso hoje em sala de aula, mas vamos lá:] A questão de fazer, de representar uma equação química como um desenho: o quanto vocês acham que isso ajuda a fazer o balanceamento da equação? (Se isso ajuda ou não ajuda, se já ajudou um dia mas não ajuda mais, enfim, todas as possibilidades). E a segunda pergunta é: o quanto desenhar estas reações químicas ajuda a visualizar como que ocorre o processo da reação química? Podem ter vários propósitos, mas eu queria saber a opinião vocês sobre esses dois, ou seja, desenhar: vocês acham que tem alguma função para

fazer o balanceamento e desenhar: vocês acham que tem alguma função que ajuda a entender como o que ocorre o processo?

A6: Acho que, pra mim, desenhar ajuda mais a entender como que estão as moléculas, como que elas estão organizadas, do que no balanceamento, porque, pra balancear, eu costumo escrever o quanto tem de cada substância do lado do reagente e do lado do produto e eu vejo o que tem a mais, o que tem a menos. Eu faço mais por base da escrita e eu acho que isso facilita pra mim. Mas o desenho me ajuda entender melhor como que vão estar organizadas, por exemplo: depois de balancear. Pra balancear você põe o número antes da molécula, isso foi uma coisa que, por exemplo, hoje eu me atrapalhei. Aqui eu desenhei todas juntas, eu não sabia que eram, tipo, quatro moléculas diferentes, então desenhar me faz entender a organização das moléculas, mas não, tipo, me ajuda a balancear, porque eu acho que não faz muita diferença o desenho na hora de balancear, acho que eu prefiro trabalhar com números do que com desenho.

A5: Eu também prefiro muito mais trabalhar com número do que com desenho. Mas ajuda, de qualquer forma ajuda. Acho que desenhar ajuda um pouco, na hora de balancear a equação.

P: E vocês acham que o desenho ajuda a entender como uma reação química acontece? Mais do que vendo apenas as fórmulas, ou vocês acham que o desenho si não é diferencial?

(A5: Eu acho que não.)

A6: Ah, eu não sei se ajuda, assim em si, mas eu acho que ele deixa mais claro o resultado, por exemplo: na parte anterior você consegue ver, aqui, o dicromato de amônio. Você consegue ver que tava tudo junto e aí, aqui, você vê que tudo separou e ficou diferente. Então você consegue ver que, de fato, a molécula muda, tipo, a estrutura. Quando você vê aqui você fala 'ah, é a mesma substância'. Tipo, quando você vê só o nome, tudo igual, assim, não parece que muda tanto. Mas quando você desenha, você consegue ver de fato a mudança na estrutura da molécula. Eu acho que não ajuda, mas deixa claro pra pessoa observar, assim, como fica.

A5: É mais fácil de entender, depois.

P: Bacana. E aí, a última pergunta que eu tinha era em relação ao vídeo. No dia que vocês foram representar essas transformações químicas, vocês tinham à disposição o vídeo das experiências que a gente fez no laboratório. Só explicando um pouquinho, no ano passado, penso eu, tinha uma grande função de ajudar a gente a modelar. Mas esse ano eu trouxe para vocês a equação química do processo, certo? Então eu queria entender o seguinte: qual é o papel que vocês acham que o vídeo desempenhou nessa atividade? (Se desempenhou algum, nenhum, enfim).

A5: [Não sei muito que o vídeo fez.] O vídeo, pra mim, ele ajudou a você a entender que, por exemplo: no negócio do iodeto de potássio e nitrato de chumbo, que a junção das duas de substâncias formavam uma mistura que mudava a cor, mudava tudo. Então eu acho que nesse ponto ajudou bastante.

A6: No meu caso eu acho que o vídeo não ajudou muito. Tanto que a Internet aquele dia estava bem ruim, a gente nem conseguiu acessar os vídeos direito. No caso do iodo eu assisti

o vídeo, só que eu assisti só o comecinho, assim, mais para ver como estava a evaporação e tudo mais, mas como a gente já tinha feito experimento antes, a gente já tinha visto como era, a gente meio que já sabia o que iria acontecer. Então, acho que o vídeo serviu de base mais para lembrar o processo, mas não me ajudou muito.

P: De alguma maneira será que o vídeo dava maior sentido para a equação química? Digo assim, pensa você só trabalhar com a equação química, e agora você tem que fazer uma relação em que essa equação química está explicando o que aquele processo está fazendo. Eu gostaria de saber sobre o processo inverso, porque não foi uma coisa que eu pensei inicialmente, mas, pelas entrevistas, parece que tem alguma relevância. Ou seja, será que o vídeo ajuda a gente a relacionar mais o que a gente está escrevendo no papel com o que está acontecendo na realidade?

A6: Acho que sim, porque a gente consegue enxergar que de fato... Por exemplo, o que eu estava falando, que quando você vê a reação, você vê que mudou. O reagente e o produto, você vê que são coisas diferentes, e quando você vê o vídeo você percebe que de fato, tipo [A5: A junção dos reagentes formam um produto diferente], olhando diferente o iodeto de potássio e o nitrato de chumbo: quando você tem as duas substâncias, você não imagina que, quando juntar as duas, elas vão ficar amarelas. E aí, a equação, eu acho que mostra porque que fica amarelo. Essa quebra da molécula, ou essa mistura, essa junção, acho que está explicado na equação, que mostra como que ficou no final. E aí você consegue entender que isso daqui vai ficar dessa cor, então acho que o vídeo serve mais para ilustrar, pra contextualizar o que está acontecendo pra você entender o que de fato acontece.

Entrevista 4

P: A primeira pergunta que eu tinha para fazer a seguinte, eu pedi no dia para a gente representar um recipiente com água, só que em nível de partícula, ou seja, ao invés de fazer um desenho da água como a gente vê, como a gente vê isso em partículas, mesmo para o metanol e para as outras substâncias. O quanto você vê de relação que existe entre essa sua representação e um copo de água "de verdade", ou isso aqui com um copo de uma substância "de verdade", como é que isso representa aquilo para você?

A7: Ah, eu entendo muito bem, eu só acho que a minha representação é péssima

P: Ah não, eu acho que está boa, sinceramente está muito boa

A7: Se eu pudesse dar um zoom em um copo, assim, o suficiente para ver os átomos eu entenderia

P: Você vê uma relação clara disso com a realidade?

A7: Eu só acho que teria muito mais átomos do que esse que eu desenhei

P: Ah, isso é verdade também, teria muito muito mais

A7: Seria legal ver as ondinhas assim

P: Como seria ver as ondinhas?

A7: Não sei eu imagino uma piscina de bolinhas gigante, como uma onda assim

P: E aí o movimento que você vê de ondas, é o movimento que as partículas estariam fazendo...

A7: Estariam fazendo

P: Então você acha que quando eu pedi para fazer a atividade, ficou claro o que era para se fazer... Você já tinha feito isso antes?

A7: Não, acho que não, nunca tinha feito isso e quando começou a atividade eu estava com dúvida se eu fazia com átomos assim ou as moléculas só, mas depois eu entendi que era com as moléculas

P: Como assim com os átomos só?

A7: Ah então, com os átomos, não com as moléculas, porque eu estava pensando em representar uma molécula de água inteira como uma bolinha só e não com os três átomos

P: Entendi, mas poderia ser feito certo? Uma bolinha representando toda a molécula de água?

A7: Mas eu acho melhor fazer assim porque, por exemplo, na segunda ficha para representar coisas assim (aluno se refere às atividades 5 e 6) seria mais fácil como uma união de átomos do que uma partícula

P: Verdade

A7: Aqui, por exemplo, eu fiz o iodo, a molécula de iodo, como partícula e essas outras moléculas como átomos

P: Entendi... Para você pessoalmente falando, você acha que foi difícil fazer atividade, você acha que ela é fácil?

A7: Não, acho que foi legal, foi divertido, eu gostei de desenhar. A única questão é que eu me distraí bastante, não posso negar isso

P: Mas você entendeu a todo momento que era para ser feito, talvez você tenha demorado um pouco mais?

A7: Eu demorei

P: Mas você sabia que era para ser feito

A7: Sim

P: Eu trouxe para vocês a partir da segunda aula que nós começamos a transformações químicas, principalmente, um vídeo para apoiar a atividade. Vocês tinham a equação química e tinham um vídeo, você acha que o vídeo foi importante ou não era necessário... Você usou o vídeo... como foi essa questão?

A7: Assim, eu não usei muito o vídeo, eu achei legal os ângulos que você chamou, bonitinho, só que eu usei mais pela equação mesmo, porque você não consegue ver muito pelo vídeo como é que as moléculas vão se comportar da forma como a equação mostra

P: Ok, então a questão é que o vídeo parece não ter ajudado muito a fazer a representação

A7: Não

P: Mas e o contrário, você acha que com a representação você consegue atribuir mais sentido ao vídeo? Talvez você não tenha feito isso, mas pensando agora

A7: Sim, a equação ajuda a entender melhor o vídeo. O vídeo não ajuda muito a entender a equação, mas a equação ajuda muito entender o vídeo

P: Ela te ajuda a transitar o inverso, pensar nas partículas como as partículas estão... enfim, como que aquilo ali pode ser entendido por meio das partículas

A7: Sim

P: Legal, fazendo um desses papéis está bom. Aqui na escola talvez você já esteja acostumado a fazer a todas as atividades em dupla.

A7: Sim

P: Mas tentando refletir um pouco além disso, nessa atividade especificamente, você lembra da importância de ter feito isso em dupla, se você foi ajudado, se você ajudou?

A7: Eu acho que ter feito isso em dupla ajudava na questão, por exemplo, esqueci o nome disso... da equação. Ter um colega do lado ajudava a entender melhor a equação como representar isso no desenho

P: Deve ter momentos também que você ajudou?

A7: Sim, também, o meu colega que estava do meu lado ele ficou em dúvida no começo quanto a mesma questão de representar em partículas... as moléculas como partículas ou os átomos inteiros, daí eu ajudei ele um pouco

P: Bacana. Todos os dias você fez com a mesma dupla?

A7: Não, na verdade não, sendo que um dos dias aqui eu fiz com uma colega e ela acabou não fazendo o desenho, depois ela teve que fazer o desenho sozinha...

P: Entendi, o que eu tinha para perguntar era mais ou menos isso, se você viu propósito na atividade, se você viu bem a relação dessas representações com a realidade, porque representa a mesma coisa...

A7: É, é difícil de visualizar, mas quando você pensa em uma mega piscina de bolinhas...

P: Você faz essa analogia... Bacana, cada um vai achando um jeito de ver sentido nisso

A7: É, mas as bolinhas coloridas são coloridas, mas acho que átomos são um pouco mais difíceis de fazer essa relação

Entrevista 5

P: Você já tinha feito esse tipo de atividade antes, no fundamental?

A8: Já, ano passado, eu acho... Na verdade, do desenho não, eu lembro que a gente chegou a fazer um pouco desse de balancear as equações, aí eu desenhava as partículas assim, para balancear

P: Entendi. A gente começou por aqui né, pelo da água, quando eu cheguei a pedir para representar em nível de partículas um recipiente com a água, sabendo que a forma da química era H_2O , você acha que estava claro qual que era o objetivo, o que tinha que se fazer no papel?

A8: Eu acho que sim, que era para representar como que seria essa molécula de água, com dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio

P: Sim, mas ao invés de eu pedir para desenhar uma única molécula, eu pedi para pensar assim, como que a gente imagina um copo nesse nível de partículas?

A8: Sim

P: Você consegue explicar até o que significa fazer essa representação, eu quero dizer, o que a gente vê é um copo com um líquido transparente e pensar que aquilo ali é formado pela união de muitas partículas de H_2O é pura abstração e como que é para você assim pensar que isso representa um copo de água, ver justamente como é essa transição, qual que é a relação disso com o copo de água "de verdade"

A8: Ah, eu acho que realmente você tem que fazer um exercício de abstração porque quando você olha um copo de água você só vem um copo de água e aí quando, eu pelo menos, olho esse desenho eu não imagino que um copo da água com um monte desses negocinhos, eu só realmente peguei a fórmula assim e tentei imaginar como que seria, mas pensei mais nas moléculas individuais do que como se elas tivessem todas juntas como que dentro de um copo assim

P: Para você é mais fácil ver o individual do que... Legal.

Por que que você faz esse risquinho, assim, por exemplo?

A8: Para diferenciar o átomo de hidrogênio do de oxigênio

P: Ah não, digo esse aqui que delimita até onde vão as partículas

A8: Ah não sei, foi uma representação do volume de água só

P: É porque para mim eu vejo duas coisas ao mesmo tempo, vejo como se fosse um desenho do contínuo, da matéria como a gente vê, misturado com o desenho da partícula

A8: É, é um problema eu acho, talvez

P: Não, não é um problema, eu digo, parece ser uma necessidade de muitos de vocês de desenhar as duas coisas ao mesmo tempo

A8: (Rs) Sim

P: Mas é legal

P: Sobre as equações químicas, especificamente, desenhar os átomos, ao invés de representar o nitrogênio apenas com a letra N, mas fazer o desenho do átomo de nitrogênio eu tinha pelo

menos dois objetivos, uma era o de balancear a equação e o outro é ver essa reação acontecendo, ou seja, ver espacialmente os átomos se organizando, o quanto você acha que desenhar ajuda a balancear a equação e o quanto você acha que desenhar ajuda a ver o processo acontecer

A8: Eu acho que para balancear a equação quando você olha e já tem visualmente as bolinhas, assim, é mais fácil para você pensar o quanto você tem que passar para cada lado do que só com os números porque são muitos números e isso deixa um pouco confuso, se você vê as bolinhas, você vê que aqui tem mais, aqui tem menos, aqui está igual, eu acho mais fácil e eu acho que para pensar como um processo, também acho que facilita bastante porque você vê realmente uma matéria, o que seria a presença de uma matéria se deslocando. Os números não fazem isso, mas as bolinhas fazem.

P: Eu vi muita gente balanceando sem nem fazer o desenho, então para balancear talvez seja uma necessidade fazer o desenho para algumas pessoas e para outras pessoas não, mas para fazer o processo eu achei que...

A8: Ah eu achei mais fácil porque quando é uma equação que é simples de balancear tudo bem fazer direto com os números, mas quando você tem que fazer mais uma etapa, várias estimativas, aí eu acho que as bolinhas facilitam

P: Legal, mais uma ferramenta que dá para usar né? E para o processo físico só tinha uma que era do iodo... Você fez justamente essa transição que a gente estava falando né? Você desenhou como você viu, como a gente via né, bolinhas de verdade, depois o que seriam os gases que você colocou como fumaça roxa e aqui depois de novo no estado sólido e você fez o desenho no nível microscópico representando isso. Ter trazido o vídeo, além das equações químicas, você acha que o vídeo ajudou em algum ponto ou não ajudou? Ter o vídeo para reassistir o que vocês fizeram no laboratório?

A8: Ah, ajudou para lembrar porque tinha alguns que eu não lembrava mais direito o que tinha acontecido e aí eu não saberia nem como representar assim, e aí o vídeo ajudou nesse sentido, porque você vê onde que acontece exatamente a transformação e onde que está sólido, onde que está líquido, para saber como que as partículas estão, mais próximas ou separadas, para representar... Mas se fosse para representar logo depois da experiência aí eu acho que daria na mesma se não tivesse o vídeo

P: Eu assumi que você teve uma certa facilidade em fazer...

A8: Mais ou menos

P: Ela não foi tão simples? Você lembra o que que surgiu de dificuldade, o que você teve que perguntar?

A8: Deixa eu pensar, preciso dar uma olhada... Ah nessas daqui que tinha, dessa desidratação do sulfato de cobre, que tinha que representar mas que era uma molécula muito complexa e aí eu não fazia ideia de como representar esse tipo, isso em uma coisa só, aí eu meio que chutei assim porque não sabia como que era

P: É mas essa é nossa ideia se for uma substância só, estamos juntando todos os átomos, não importa a ordem

A8: Aí daqui para cá passando, quando eu fui fazer o metanol evaporando, que até aqui eu já tinha feito com os átomos, aí eu percebi que ia ser muito difícil fazer isso e diferenciar o estado líquido do gasoso aí optei fazer só as bolinhas e depois mostrar o que seria cada uma aqui...

P: Muito bom isso. E a última pergunta é sobre que na escola normalmente a gente já senta em duplas, mas eu gostaria que você tentasse refletir sobre esse processo, a gente fez toda essa atividade em duplas, você lembra o quanto você conversava com a sua dupla, para aprender a fazer, para ensinar, se tinha muito diálogo, como é que era essa questão de fazer toda a atividade em dupla? Também acho que cada dia sentou com uma pessoa...

A8: Sim, ah a gente não ficou exatamente fazendo junto, era mais quando eu tinha alguma dúvida consultava e também a gente compartilhou um pouco os modelos para ver como que é porque tinha alguns que sei lá era meio difícil de pensar como você poderia fazer aí vendo um modelo de outra pessoa ajudava.

P: Você se baseava para fazer o seu...

A8: Sim

P: Ano passado também, precisava sair do lugar e muitas vezes mostrando a representação de uma pessoa para outra isso ajudava muito a pessoa fazer a própria... Sobre a turma em geral, você acha que encontraram muita dificuldade, se achava difícil, achava fácil?

A8: Ah, eu acho que talvez fazer as representações a maioria acha que consegue com maior facilidade, tem uma outra parte que acha mais difícil, por exemplo, aquela que tem uma estrutura mais complicada assim talvez seja mais difícil e talvez balancear as equações seja um pouco difícil, porque meio que não tem uma fórmula, você tem que ir estimando e às vezes quando não é uma coisa muito fácil, direta, multiplica por 2 de um lado já funciona, eu acho que as pessoas travam e eu também

P: Ah sim, mas se já estão se arriscando daqui a pouco pegam o jeito, eu acho que o maior problema é quando trava não tenta fazer

A8: É, eu acho que não teve isso, todo mundo conseguiu se arriscar a fazer

Entrevista 6

P: Você lembra de ter feito alguma atividade parecida com essa?

A9: Eu não lembro direito, mas eu acho que a gente fez no oitavo ou no nono... Mas eu lembro que a gente fez no fundamental, logo que a gente começou a estudar um pouco modelos, essas coisas, mas eu não lembro muito como foi

P: E aí você acha que essa atividade que você fez, foi mais parecida com qual parte?

A9: Eu acho que foi mais parecida com o primeiro, a gente não chegou a representar transformação

P: Você acha que no momento que vocês estavam fazendo atividade, ficou claro o que tinha que ser feito?

A9: Sim, eu acho que sim, eu acho que não gerou grandes dúvidas e acho que ajudou muito a compreender a coisa dos modelos

P: De qual parte?

A9: Acho que de todos na verdade, principalmente esse que eu estava um pouco um pouco de dificuldade, porque eu acho que quando você desenha fica muito mais fácil de fazer o balanceamento

P: Essa era uma pergunta que eu tinha, na parte das equações químicas das transformações químicas, essa parte que eu pedi para transformar essa linguagem que eu chamou de simbólica para os desenhos eu acho que tem duas coisas que eu tinha como intenção uma era ajudar a facilitar a balancear e a outra coisa era tornar mais visível como que a reação química de fato acontece. Eu queria saber a sua opinião dessas duas coisas, se você acha que colaborou com as duas... Só com uma delas...

A9: Eu acho que colaborou com as duas porque quando você está desenhando, você vê mais concretamente para onde as coisas foram do que simplesmente analisando a linguagem simbólica da equação

P: Entendi, mas a questão mais prática de balancear, você também acha que ajuda...

A9: Ajudou sim, porque inclusive você tem uma coisa mais visível quantas partículas precisam a mais...

P: Legal, você lembra de algum momento que gerou mais dificuldade, que você teve que procurar mais ajuda para fazer...

A9: Eu acho que eu precisei mais do começo, para pegar mais o experimento, mas eu não tive tanta dificuldade depois... Nessa aqui um pouco essa coisa de balancear, mas isso ajudou também, isso fazer na... aqui ajudou bastante já

P: Vocês estão muito acostumados a fazer as atividades em dupla na escola, sobre essa atividade em específico, você lembra como foi essa relação da dupla para fazer, se você ajudou, foi ajudado?

A9: Eu acho que eu acabei sendo mais ajudado, mas em alguns momentos eu ajudei sim

P: Você lembra como que foi essa ajuda?

A9: Eu estava com um pouco de dúvida em balancear mesmo, meu colega me ajudou bastante nisso, inclusive porque eu não tinha visto muito bem, que só precisava de algumas partículas, inclusive isso aqui depois, mesmo depois de você explicar a coisa (inaudível), eu tive um pouco de dificuldade de entender do balanceamento, mas acho que foi... Principalmente relacionada ao balanceamento...

P: Você lembra de ter visto como ele estava fazendo, ensinar a fazer...

A9: Eu acho que nessa ajudou um pouco de ver como que estava sendo feito, inclusive eu acabei mudando um pouco a minha representação por conta de ver um pouco o modelo, que achava que ficavam mais compreensíveis do jeito que eu estava fazendo.

P: Legal e a minha próxima pergunta era em relação ao vídeo. Eu trouxe o vídeo para rever as experiências que tínhamos feito no laboratório, você lembra se ele ajudou em alguma questão nessa atividade...

A9: Eu acho que na maioria, que eu me lembre, acabou ajudando muito porque mesmo que a gente tivesse as equações e tudo você não lembrava exatamente como que acontecia como aconteceu o processo e eu acho que ajudava a manter na cabeça inclusive para compreender melhor o que estava acontecendo no vídeo, você esquematizar com as partículas e tudo

P: Era exatamente essa minha pergunta, a princípio eu tinha colocado vídeo intencionalmente para ajudar a fazer essa atividade, mas eu vi que com a equação química vocês faziam sem problema, mas eu pensei no oposto que é exatamente o que você falou, talvez fazer isso ajudar a entender melhor o vídeo

A9: Sim

P: O vídeo dava mais sentido para essa atividade, porque vocês estavam vendo com equação química em nível de partículas e agora vocês viram o vídeo e faziam uma relação melhor. Você acha que sem o vídeo daria para fazer?

A9: Eu acho que daria até mas seria um pouco mais difícil para recuperar o que aconteceu principalmente nas equações e tudo mas acho que principalmente isso ajudou a entender o vídeo

P: Você se lembra de alguma dificuldade em específico?

A9: Não, só a coisa do balanceamento mesmo

Entrevista 7

P: Foi a primeira vez que você viu desse tipo?

A10: Não, eu acho que no fundamental a gente fez atividades assim para explicar, por exemplo, o calor, no nono ano a gente fez atividade desse tipo, para a gente saber um pouco da energia que tem dos átomos, assim, a energia cinética dos átomos seria a energia térmica

P: Você lembra?

A11: Eu lembro

P: Então, você considera que ter feito aquilo, facilitou para você ter feito agora... foi nesse mesmo caminho?

A10: Ah, ajudou nas transformações físicas, eu não sabia muito bem sobre as transformações químicas, porque eu não sei muito bem sobre os átomos, então, por exemplo, que tipo de ligação eles fazem, quantas ligações eles fazem, como eles se organizam na substância, mas eu acho que com essas atividades ficou muito fácil entender como os átomos se distribuem no espaço e como é que tem essas transformações e como é que eles se movimentam, então ficou fácil representar no papel

P: Você disse que ficou mais fácil de entender como que a transformação acontece?

A10: Ficou mais fácil de entender como que eles se movimentam, ficou mais fácil de representar eles no papel porque a gente sabia como eles se movimentavam, como eles se distribuem também

A11: Deu para ter uma noção maior, como quando esquenta o que acontece

P: Isso aqui é um recipiente com água em nível de partículas, agora pensa num recipiente com água "de verdade", como a gente vê, como vocês enxergam essa relação entre essa representação e a realidade, para vocês isso é claro?

A10: Então, essa representação seria uma fração do que é realmente na realidade, mas também não é exatamente porque aqui a gente representa por bolinhas, a gente não sabe exatamente como seria o átomo é mais uma coisa para entender como ele se distribuem e também o movimento deles, mas a gente não sabe exatamente como eles são

P: É um modelo que serve para explicar algumas coisas da realidade...

A11: Mas que não mostra tudo

A10: Explica como os átomos se comportam mas não o que são os átomos

P: Não é uma cópia do que seria a realidade

A10: Sim

A11: É mais uma ampliação para entender, é uma primeira parte

P: Fala um pouquinho mais sobre o que é essa ampliação

A11: É porque as partículas são bem menores do que isso, são bem mais juntinhas, não existe esse vácuo

P: Mas tem espaço entre elas... Quando começou atividade, vocês acham que ficou claro o que era para ser feito? Teve hora que gerou dúvidas? Como que foi pra tirar essa dúvida?

A10: Olha eu acho que no começo ficou bem claro, era bem facinho falar sobre as transformações físicas, agora nas transformações químicas tinha no dia 2 o que a gente fez, o exercício 2, que a gente representava as transformações por meio dos átomos eu não entendi muito bem o que era para fazer, o que eu fiz mesmo foi substituir as fórmulas químicas pelos átomos, então por exemplo um átomo de sal ao invés de representar ele com letras eu representei ele com átomos e aí eu coloquei o símbolo de soma e fiz a outra substância que reagia... fiz a setinha, então não sei, não entendi muito bem o que era para fazer nessa atividade

P: Entendi, mas pensando agora depois que ela foi feita e você fez a maior parte, então transformar a linguagem de símbolos, de letras, para bolinhas, ou seja, ao invés de escrever K, mas desenhar um átomo de potássio, pergunto duas coisas, o quanto isso você acha que ajudou a balancear a equação e quanto fazer o desenho das bolinhas ajuda a visualizar como que ocorre o processo, acho que você já falaram disso um pouquinho antes, mas tentem formalizar para mim, por favor, essa diferença, quando você desenha em bolinhas o que mais ajuda a fazer, a balancear, a ver o processo?

A10: Quando você faz nesse formato ajuda a ter um pouco mais de noção das proporções dos átomos para fazer o balanceamento

P: Você acha que ajuda a fazer o balanceamento?

A10: Sim e para entender a transformação também acho que ajuda porque quando você faz a representação das duas substâncias, que estão nos reagentes e nos produtos, você percebe que os produtos podem ser representados por algumas partes, pelas mesmas partes que estavam nos reagentes, assim na estrutura, então eu percebi em um exercício que teve uma transformação química em que as duas substâncias que se juntaram e formaram outras duas substâncias, elas tinham estruturas muito parecidas, eu percebi que em uma transformação química os átomos não se separam todos, não sei como explicar, eu percebi que eles não se desmontam totalmente para fazer uma transformação química

P: Isso que você está vendo sobre as transformações químicas, tanto com as letras tanto com os desenhos é possível ver, mas você acha que nesse momento ter feito com os desenhos ajudou mais ainda?

A10: Sim, ajudou a entender um pouco a estrutura porque quando a gente olha a linguagem, a escrita, a gente entende que os átomos continuam sendo os mesmos mas a gente não estabelece muita relação entre eles, eles ficam mais separados, é um pouco mais difícil também fazer o balanceamento

A11: É, porque os números são muito jogados, eu acho que para quem está começando é mais complicado ter os números na cara do que você ver realmente o que está acontecendo com os desenhos, então eu acho que facilita

P: Aqui na escola vocês estão acostumados a fazer as atividades em duplas, agora tentem pensar um pouco mais sobre essa atividade em específico, vocês conseguem lembrar o quanto fazer em dupla essa atividade ajudou, seja vocês, seja o colega que estava com vocês?

A10: Olha, eu acho que teve um pouco de compartilhamento de informações, porque a gente fala um pouco sobre o que cada um sabe desse tema e a gente se complementa para fazer essas coisas, então um corrige o outro quando percebe que a representação pode estar um pouco errada e tem a questão do balanceamento, a discussão para saber qual seria o balanceamento a gente conseguiu chegar no resultado mais rápido...

P: Porque tem que propor certo? Às vezes uma pessoa propondo de um jeito outra do outro...

A10: Sim, por sinal eu tenho um amigo que estava na outra mesa e ele sabia fazer o balanceamento, e aí eu não entendi muito bem como fazia mas ele ajudou a fazer balanceamento, das fórmulas

P: Você acha que é isso mesmo?

A11: É isso mesmo

P: A questão do vídeo... eu trouxe para vocês o vídeo na hora de fazer essas representações, o quanto vocês acham que o vídeo foi importante.

A11: O vídeo eu achei bem necessário na verdade, porque às vezes a gente não lembrava do experimento em si e a gente relembrava quando a gente via o vídeo e eu acho que tem pessoas que não foram no laboratório em alguns dias, então para essas pessoas foi bem necessário e também com o vídeo dá para você ter uma noção visual do que está acontecendo, então acho que fica mais fácil para você representar do que se você só jogar uma fórmula

A10: Eu achei que os vídeos foram bem úteis, mas eu não achei que teve necessidade de assistir eles, dependendo da pessoa. No meu caso eu assisti os vídeos, mas eu não achei que eu realmente precisasse ter feito isso, porque eu estava no dia dos experimentos

P: Para fazer das atividade em específico?

A10: Sim

P: Ter ali o vídeo é possível a gente fazer o processo inverso agora. Quando você realiza a equação química você vê algumas cores mudando, algumas transformações acontecendo. Agora o quanto ter essa linguagem, aqui nesse nível de representação, isso ajuda a você entender melhor o que está acontecendo ali, visualmente. Não o processo do vídeo ajudar a representação, mas o quanto a representação se torna significativa ao ver o vídeo, você acha que o vídeo torna essa atividade mais significativa?

A10: Eu acho que sim, porque só fazendo assim no papel mesmo a gente não enxerga nada, a gente não pensa em nada da nossa realidade, para a gente é só como se fosse uma relação matemática, que a gente está aprendendo no papel e aí quando a gente vê visualmente a gente relaciona isso com alguma coisa que a gente poderia ver no dia a dia

P: Entendi. Para você que conseguiu fazer direto da equação, tentando resumir, o vídeo foi importante para você mais por qual aspecto?

A10: Ah não sei, é que se a gente trabalhar a química de um jeito mais teórico eu acho que é um pouco mais difícil de entender porque seria mais decorar o assunto do que entender. Por exemplo, eu entendo não porque essa reação está acontecendo, mas eu entendo como ela acontece, o contexto que ela acontece, então eu entendo que uma ebulição de uma substância poderia ser representada daquele jeito, assim, quando eu penso numa ebulição eu não penso na teoria, eu penso na ebulição mesmo em si. E para quem faltou no experimento e não viu o vídeo aquilo vai ser só uma teoria, um conhecimento que ela não sabe para que se aplica.

P: Obrigado, era isso que eu tinha para perguntar, se vocês tiverem algo para falar...

A10 Eu achei que foi um pouco simples, a gente estudou um pouco sobre transformações químicas e físicas no ano passado, acho que a gente está indo bem aos pouquinhos mesmo. Se bem que no balanceamento de fórmulas é uma questão não inédita, mas ainda é um pouco difícil, mas eu acho que os outros assuntos para bastante gente até que está sendo fácil

P: Para turma como um todo, vocês acham que estão entendendo o objetivo da atividade, estão fazendo...

A10: Acho que a gente viu essas coisas no nono e oitavo, quando a gente estudou as transformações físicas, ponto de ebulição e também algumas transformações químicas como a da fotossíntese