



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de São José do Rio Preto

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino  
Superior de Química

São José do Rio Preto  
2018

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino  
Superior de Química

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto

Financiadora: CNPq – Proc. 458235/2014-8  
CAPES – Proc. 33004153078P4

Orientador: Prof. Dr. Jackson Gois

São José do Rio Preto  
2018

Maioralli, Adriano Pozzo.

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no ensino superior de química / Adriano Pozzo Maioralli. -- São José do Rio Preto, 2018

112 f. : il.

Orientador: Jackson Gois

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Química – Estudo e ensino. 2. Ensino superior. 3. Significação. 4. Visualização. 5. Semiótica. 6. Linguagem. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 541(07)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE  
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino  
Superior de Química

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto

Financiadora: CNPq – Proc. 458235/2014-8  
CAPES – Proc. 33004153078P4

Comissão Organizadora

Prof. Dr. Jackson Gois  
UNESP – São José do Rio Preto  
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Giordan  
USP – São Paulo

Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin  
UNESP – Presidente Prudente

São José do Rio Preto  
15 de agosto de 2018



Para minha família, especialmente minha irmã (*in  
memorian*) e meu pai (*in memorian*).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelo que ela me proporciona.

Ao IBILCE e à nossa história de amor e ódio, agradeço pelo acolhimento desde 2010, pelo crescimento intelectual, profissional e pessoal; agradeço pelos amigos que fiz e pelas festas e greves que participei.

À minha família que não mediu esforços para que eu pudesse seguir na minha formação acadêmica. À minha mãe Maria de Lourdes e ao meu pai Antônio (*in memorian*), por terem me educado da melhor maneira possível e por terem me mostrado que a honestidade e a dignidade são os bens mais valiosos da vida.

À minha tia Teka e à vó Adélia, por terem feito parte da família desde sempre, por terem sido minhas duas outras mães e por contribuírem na minha educação e em quem sou hoje.

À minha irmã Camila (*in memorian*), pelo exemplo de inteligência, determinação e luta em todos os momentos da vida. Certamente a vontade de ingressar na Universidade Pública foi motivada por você, bem como a continuidade no Mestrado e, quem sabe, no Doutorado. Onde quer que esteja, muito obrigado!

Aos amigos que fiz durante a graduação, especialmente Jessika, Monica e Brenda: a caminhada foi mais leve com vocês ao meu lado.

À Regina, pelo incondicional auxílio em todos os campos da minha vida, que com sua lucidez me ajudou a dar conta daquilo que eu jamais teria conseguido sozinho.

Ao meu orientador e professor Jackson Gois, por toda paciência, contribuição na organização dos dados, horas e horas de reuniões individuais e, principalmente, pela extrema compreensão nos momentos de dificuldade.

Aos professores doutores Gustavo Gibin e Marcelo Giordan, pelas valiosas contribuições dadas no exame de qualificação para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos que fiz ao participar do GPESig (Grupo de Pesquisa em Ensino e Significação), Marciana, Matheus, Teily, Gabriela, Juliana e, principalmente, Juliane, por termos nos amparado nos momentos de tristeza, decepção e desilusão. Mas, acima de tudo, por nos divertirmos e tornarmos tudo mais leve e possível de ser vivido. Ju, os humilhados foram exaltados!

A todos os meus professores, do Ensino Básico ao Superior que, de alguma forma, contribuíram para que hoje eu tenha chegado onde estou.

Aos meus alunos, pelas experiências enriquecedoras e pelo crescimento profissional e pessoal que me proporcionaram.

Aos graduandos de Química da UNESP de São José do Rio Preto, por aceitarem participar dessa pesquisa.

Às professoras doutoras Vera e Ieda, por permitirem que usássemos suas aulas da graduação para a obtenção dos dados desta pesquisa.

Ao CNPQ (processo 458235/2014-8) e à CAPES (33004153078P4) pelos auxílios financeiros.

Às minhas perdas e aos meus ganhos, todos eles, que foram os responsáveis por quem sou hoje.

“Este o nosso destino: amor sem conta,  
distribuído pelas coisas pérfidas ou nulas,  
doação ilimitada a uma completa ingratidão,  
e na concha vazia do amor a procura medrosa,  
impaciente, de mais e mais amor.

Amar a nossa falta mesma de amor, e na secura nossa  
amar a água implícita, e o beijo tácito, e a sede infinita.”

(Carlos Drummond de Andrade)

## RESUMO

As representações químicas são fundamentais na composição do conhecimento químico e são igualmente importantes nos processos de ensino e aprendizagem desse campo de conhecimento. Com o objetivo de uma melhor compreensão do papel das representações químicas na elaboração do conhecimento químico e da conseqüente melhoria do Ensino Superior, neste trabalho, utilizamos modelos moleculares em atividades de ensino em disciplinas de Ensino Superior em Química como apoio para a aprendizagem. Na análise dos resultados, utilizamos, como material, as interações discursivas presentes na gravação de vídeos e as próprias atividades escritas dos estudantes. Para os vídeos, empregamos uma metodologia desenvolvida em nosso grupo de pesquisa (GPESig – Grupo de Pesquisa em Ensino e Significação) em que, a partir de uma única filmagem, obtemos dados de áudio e vídeo individuais de duplas de trabalho nas atividades. A análise dos dados foi realizada a partir da transcrição dos áudios e com o auxílio da Teoria da Ação Mediada (WERTSCH, 1998), a partir da qual fizemos a análise da elaboração de significados com o uso de representações químicas. Ao analisar as interações discursivas dos alunos, classificamos alguns aspectos de fala, de acordo com as categorias propostas nesse trabalho de Indicação, Similaridade e Lei, inspiradas na segunda tricotomia da semiótica peirceana. Durante o processo de aprendizagem, notamos a existência de três etapas comuns às duplas analisadas, resumidas no (1) uso do modelo concreto, (2) exercício de fala e (3) representação no papel e concluímos que o modelo molecular concreto possibilita aos estudantes o melhor uso que é feito da linguagem, o que contribui na aprendizagem dos conceitos químicos.

Palavras-chave: significação; representação química; visualização; semiótica; linguagem.

## ABSTRACT

Chemical representations are fundamental in the composition of chemical knowledge and are equally important in the process of teaching and learning of this field of knowledge. With the objective of a better understanding of the role of chemical representations in the elaboration of chemical knowledge and the consequent improvement of Higher Education, in this work, we used molecular models in higher education courses in Chemistry as support for learning. In the analysis of the results, we used discursive interactions present in the recording of videos and the students' own written activities. For the videos, we used a methodology developed in our research group (GPESig - Research Group on Teaching and Meaning) in which, from a single filming, we obtain individual audio and video data of work pairs in the activities. The analysis of the data was supported by the Mediated Action Theory (WERTSCH, 1998), from which we made the analysis of the elaboration of meanings with the use of chemical representations. When analyzing students' discursive interactions, we rated some aspects of speech according to the proposed categories in this work, as Indication, Similarity e Rule inspired by Peirce's semiotics second triad. During the learning process, we noticed three common steps to the students, summed up in (1) concret model use, (2) speaking practice and (3) paper written representation and we concluded that concret model allows students better language use, that contributes in chemical concepts learning.

Keys words: meaning; chemical representation; visualization; semiotics; language.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Tricotomias e categorias de acordo com a semiótica de Peirce. ....	18
<b>Quadro 2</b> – Classificação das categorias de análise inspiradas na tricotomia de Peirce. ....	68
<b>Quadro 3</b> – Início da atividade. ....	71
<b>Quadro 4</b> – Romeu, embora não se recorde do assunto visto na aula anterior, inicia um esboço de lembranças.....	72
<b>Quadro 5</b> – Discussão inicial sobre a atividade, os alunos escrevem no papel. ....	73
<b>Quadro 6</b> – Notamos um primeiro momento em que os alunos usam objetos que possam representar as ligações e grupos.....	74
<b>Quadro 7</b> – Munidos de lápis, lapiseiras e canetas, os alunos tentam construir a molécula da atividade.....	75
<b>Quadro 8</b> – Os estudantes utilizam expressões que, por força de lei, começam a depender menos da similaridade.....	77
<b>Quadro 9</b> – Os alunos buscam entender como ocorre a rotação em torno da ligação simples. ....	78
<b>Quadro 10</b> – Os estudantes promovem a rotação em torno da ligação simples. ....	79
<b>Quadro 11</b> – Os alunos precisam promover a rotação em torno de uma ligação simples e representar no papel utilizando as projeções de Newman. ....	81
<b>Quadro 12</b> – Os alunos desenham as conformações dos máximos e mínimos e entregam a folha de atividades com as respostas.....	83
<b>Quadro 13</b> – Última etapa da atividade. ....	84
<b>Quadro 14</b> – Início da atividade com o uso do objeto molecular comercial. ....	87
<b>Quadro 15</b> – Após a construção da molécula os alunos partem para a rotação em torno da ligação simples.....	88
<b>Quadro 16</b> – Os alunos chamam a professora. ....	90
<b>Quadro 17</b> – O auxílio da professora.....	91
<b>Quadro 18</b> – Finalização da atividade. ....	92
<b>Quadro 19</b> – Comparação de alguns turnos de fala de Romeu.....	94

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Triângulo de Johnstone (1991) e termos correspondentes, entre parênteses, propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000). .....	31
<b>Figura 2</b> – O pentagrama de Burke com os elementos que compõem a ação humana. ....	43
<b>Figura 3</b> – Exemplo de disposição dos números para a resolução de multiplicação. ....	47
<b>Figura 4</b> – Resolução da multiplicação. ....	47
<b>Figura 5</b> – Objeto molecular comercial utilizado em parte das atividades realizadas. ....	62
<b>Figura 6</b> – Sequência das atividades ocorridas durante a gravação dos dados. ....	63
<b>Figura 7</b> – Croqui da sala de aula em que foram obtidas as gravações de áudio e vídeo. A área colorida indica o campo de filmagem da câmera. ....	64
<b>Figura 8</b> – Representação artística da sala de aula no dia em que foi realizada a coleta de dados. ....	65
<b>Figura 9</b> – Representação de uma projeção de Newman em sua forma estrelada (a) e projeção de Newman do 2-metilpentano, molécula do exercício proposto (b). ....	70
<b>Figura 10</b> – Os alunos da dupla analisada usando canetas e lapiseiras para a construção da molécula. ....	77
<b>Figura 11</b> – Primeira tentativa de promover a rotação com o uso de canetas compondo o modelo rudimentar. ....	79
<b>Figura 12</b> – Resposta de Julieta e Romeu, entregue ao fim do primeiro momento da atividade. ....	85
<b>Figura 13</b> – Respostas de Páris e Mercúcio. ....	86
<b>Figura 14</b> – Imagens da folha de respostas entregue ao fim do segundo momento da atividade. ....	93



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
Justificativa .....	13
Objetivos .....	15
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Estrutura do Trabalho .....	15
<b>1 REPRESENTAÇÃO E SEMIÓTICA.....</b>	<b>17</b>
1.1 A semiótica de Peirce – breve panorama.....	17
1.2 Representação no Ensino de Química.....	23
1.2.1 Níveis de representação química .....	30
1.2.2 Dificuldades envolvidas na representação química .....	35
1.3 Da mente para a linguagem.....	39
<b>2 A TEORIA DA AÇÃO MEDIADA DE JAMES WERTSCH .....</b>	<b>41</b>
2.1 A tarefa da análise sociocultural .....	41
2.2 Propriedades da ação mediada.....	45
2.2.1 A ação mediada caracteriza-se por uma tensão irreduzível entre o agente e os meios mediacionais .....	46
2.2.2 Os meios mediacionais são materiais .....	49
2.2.3 Os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação.....	51
2.2.4 Novos meios mediacionais transformam a ação mediada .....	54
2.2.5 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio.....	55
2.2.6 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista da apropriação .....	58

<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>62</b>
3.1 As aulas .....	62
3.2 A gravação dos dados – arquivos de áudio e vídeo .....	63
3.3 O equipamento .....	65
3.4 O recorte dos vídeos e a sincronização dos arquivos de áudio .....	66
3.5 Tratamento dos dados .....	66
3.6 Categorização dos aspectos de fala.....	67
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>70</b>
4.1 Análise dos turnos de fala: estudantes sem o modelo molecular.....	71
4.1.1 A demanda por tridimensionalidade, uma primeira etapa .....	71
4.1.2 Manipular tridimensionalmente ajuda a falar tridimensionalmente .....	76
4.1.3 Reelaboração impregnada de tridimensionalidade – a Similaridade ganha força de Lei .....	81
4.2 Análise dos turnos de fala: estudantes com o modelo molecular .....	86
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>100</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>111</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>112</b>

## INTRODUÇÃO

### Justificativa

Durante minha primeira graduação, em 2010, no curso de bacharelado em Química Ambiental oferecido na UNESP, campus de São José do Rio Preto, iniciei, também, a vida profissional na área de ensino num cursinho pré-universitário particular. Minhas principais atividades neste cursinho, como monitor de Química, eram auxiliar os alunos com suas dúvidas teóricas e, principalmente, resolver os exercícios de vestibulares que os estudantes traziam.

No período inicial da graduação, senti muita insegurança e desencanto com o curso, às vezes proporcionados pelas expectativas criadas quando somos vestibulandos e que não são correspondidas ao ingressarmos na universidade; às vezes decorrentes da falta de humanização dos departamentos de Química, Física e Matemática, da pouca importância com o bem estar dos alunos, da habitual atividade centrada na apresentação e da transmissão dos conteúdos das ementas; em todo caso, situações que acredito serem responsáveis por causar sensações típicas nos alunos que ingressam na universidade pública e veem-se deslocados e desmotivados.

Ao mesmo tempo em que me deparava com esses sentimentos, eu recebia muitos elogios dos alunos do cursinho, por conta das “boas explicações” e “por fazer entender melhor” os exercícios de Química. Isso me incentivou a desejar mais a área de ensino e menos a bancada do laboratório, os experimentos e a vida acadêmica na área dura da Química. Após dois anos de curso, a modalidade Licenciatura em Química passou a ser oferecida no campus de Rio Preto, o que muito me interessou. Decidi que, após o término da primeira, iria para a segunda graduação, com o objetivo de melhorar minha formação docente.

Em 2013, no último ano do bacharelado em Química Ambiental, não mais trabalhando no cursinho particular, pude também participar de um dos projetos de extensão da UNESP, o dos cursinhos pré-universitários gratuitos, destinados a alunos de comprovada carência socioeconômica, e, durante cinco anos, fui professor no cursinho VestJr, em São José do Rio Preto, lecionando na frente de físico-química.

Com a finalização do bacharelado, iniciei a graduação no curso de Licenciatura em Química e, no primeiro ano dessa graduação, em 2014, participei, também, de um processo seletivo para fazer parte do grupo PIBID Química, coordenado pelo professor Dr. Jackson Gois, do qual participei durante 3 anos.

Nele, pude ter minhas primeiras vivências em escolas públicas das mais variadas condições estruturais, sociais e institucionais tanto em sala de aula quanto na sala de professores e, nas reuniões semanais do PIBID, as discussões eram ricas e incentivadoras. Com a participação no PIBID, vieram minhas primeiras participações em eventos destinados ao ensino de Química, com trabalhos que eram fruto do que desenvolvia nas escolas parceiras. Muitos desses trabalhos tinham como tema as representações químicas e a aprendizagem de Química. Todas as experiências vividas junto às visitas nas escolas por conta das disciplinas de estágios obrigatórios do curso de licenciatura e das reflexões nas disciplinas oferecidas pelo Departamento de Educação fizeram com que o interesse pela área aumentasse e a vontade de fazer pós-graduação surgisse.

Um dia fui até a sala do professor Jackson e perguntei a respeito das opções de instituições e programas de pós-graduação em Ensino ou Educação. Após elencar os programas mais conhecidos e conceituados das universidades públicas do estado de São Paulo, o professor me informou sobre o novo programa de pós-graduação em Ensino e Processos Formativos que seria implementado em breve. Nessa conversa, ao apresentar seus projetos de pesquisa, aceitei a ideia de participar do processo seletivo da primeira turma do programa de pós-graduação em Ensino e Processos Formativos, ingressando no segundo semestre de 2016.

Ao mesmo tempo em que era aluno do mestrado e da licenciatura, era, também, monitor de Química Orgânica para os alunos da graduação. Durante as atividades de monitoria, percebia que muitos estudantes a frequentavam apenas em época de provas, o que é plausível tendo em vista as exigências do curso de graduação, como a elevada carga horária, além dos estágios, da iniciação científica e outras atividades. Obviamente, os alunos de graduação do curso também estão matriculados em outras disciplinas, muitas das quais são temidas e conhecidas por seu alto índice de reprovação e, dessa forma, é compreensível que a ida à monitoria não fosse frequente, ocorrendo principalmente na semana anterior à data da prova. Além disso, observava que os alunos eram, em sua maioria, condicionados a utilizar técnicas de memorização, sem procurar entender em nível atômico-molecular o que ocorria. Isso me incomodava e, na tentativa de buscar entender como os alunos são beneficiados ao utilizarem modelos moleculares concretos, surgiu a ideia para o projeto do mestrado. Dessa forma, escolhemos como problema de pesquisa a seguinte questão: De que forma os modelos moleculares contribuem na aprendizagem dos alunos?

Todas as experiências enriquecedoras aqui citadas contribuíram para a corporificação deste trabalho que traz, de um lado, o mestrado em Ensino com a fundamentação teórica para analisar os episódios a que nos propomos estudar e, de outro, as atividades a serem analisadas,

que ocorriam em uma disciplina de Química Orgânica, disciplina comum aos alunos da licenciatura e do bacharelado em Química e presente também na grade curricular de outros cursos, o que indica a importância da Química Orgânica na formação de alunos de graduação em diversas áreas.

Neste trabalho, buscamos investigar como ocorre a aprendizagem de alguns conteúdos próprios da Química Orgânica com atividades em que os alunos têm a opção de utilizar e manipular objetos moleculares concretos, bem como utilizar representações químicas escritas em papel. A partir da gravação do vídeo e do áudio destes episódios e sua posterior análise, procuramos propor de que modo essas ferramentas auxiliam a linguagem e, dessa forma, como contribuem para a aprendizagem.

## **Objetivos**

Elencamos, a seguir, os objetivos deste trabalho do seguinte modo.

### **Objetivo Geral**

Entender como ocorre a elaboração de significados com o uso de representações químicas.

### **Objetivos Específicos**

1. Analisar como representações químicas em suportes variados (plástico, papel) contribuem para a aprendizagem de alunos do Ensino Superior em Química;
2. Verificar como as representações químicas dão suporte à linguagem dos estudantes durante as atividades propostas.
3. Compreender de que maneira algumas categorias semióticas de inspiração peirceana contribuem para nossa compreensão sobre a elaboração de significados.

### **Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho é estruturado em 4 capítulos.

No Capítulo 1, *Representação e Semiótica*, buscamos aproximar as ideias de *representação* e *visualização*, muito presentes em artigos veiculados em revistas destinadas ao

Ensino de Química, à luz da semiótica peirceana. A classificação de Peirce (2005) apresenta uma riqueza que este trabalho não é capaz de abarcar e, assim, foram pinçadas algumas de suas relações triádicas para que servissem como inspiração na análise dos dados e nas considerações acerca do uso de representações químicas por alunos de graduação. Não temos a menor pretensão de sermos abrangentes, e sim mostrar alguns aspectos que nos interessam neste trabalho, além de familiarizar o leitor, caso ainda não iniciado, nas obras de Peirce. Ainda no Capítulo 1, uma revisão bibliográfica sobre representação e visualização é feita, destacando-se, também, as dificuldades apresentadas pelos alunos nesse aspecto do conhecimento químico.

No Capítulo 2, *A teoria da ação mediada de James Wertsch*, trazemos um recorte da Teoria da Ação Mediada, presente no livro *Mind as Action*, de 1998, e buscamos apresentar e utilizar alguns dos elementos da teoria proposta por Wertsch, aplicando-os no nosso problema de pesquisa.

No Capítulo 3, *Metodologia*, apresentamos a metodologia utilizada para a coleta e obtenção dos dados e a forma com base na qual foram analisados. Além disso, estabelecemos algumas relações entre os capítulos 1 e 2 para discutirmos os dados obtidos.

Por fim, no Capítulo 4, *Resultados*, apresentamos os episódios analisados e procuramos relacioná-los com o referencial teórico adotado.

## 1 REPRESENTAÇÃO E SEMIÓTICA

Iniciamos nosso trabalho com uma afirmação de Palacios e García (2006). De acordo com os autores, o ensino pode ser entendido como um processo que depende das interações que o aluno tem com o meio, com os professores e com outros alunos no ambiente escolar, além da disponibilidade de ferramentas nessas atividades. Essas ferramentas são usualmente mediadas pelos sistemas de *representação* externa, que podem ser a fala, a escrita, os símbolos matemáticos e as *representações* imagéticas dos mais diversos tipos, como diagramas e gráficos cartesianos (PALACIOS; GARCÍA, 2006).

De fato, ao iniciar o levantamento bibliográfico, encontramos elevado número de trabalhos que traziam em seus textos os termos *visualização* e *representação*, às vezes como sinônimos. Essas palavras serviram como motivação e o aprofundamento da pesquisa se deu nessa direção, inicialmente. Os trabalhos que tratam da *Semiótica*, palavra que me causou profundo estranhamento no início e que, aos poucos, foi se mostrando mais palatável, foram os que se mostraram capazes de abordar o tema da representação de modo minucioso.

Assim, cabe a nós, neste primeiro momento, tratarmos do termo *representação*. Para isso, escolhemos utilizar a teoria semiótica peirceana como inspiração para nossas reflexões acerca do termo.

### 1.1 A semiótica de Peirce – breve panorama

Do ponto de vista da Semiótica, representar é estar em lugar de outro, numa determinada relação que, para certos propósitos, possa ser considerado como se fosse esse outro (PEIRCE, 2005). Santaella (1983) afirma que a Semiótica é uma ciência que objetiva investigar todas as linguagens possíveis, seja ela verbal ou não-verbal – e aí se inserem os modos de expressão, manifestação de sentido e de comunicação. Para a autora, a Semiótica tem como objetivo, portanto, examinar os modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como processo de produção de significação e de sentido, como uma Filosofia científica da linguagem (SANTAELLA, 1983). Para nosso trabalho, entretanto, a característica de grande valor é a de que, segundo Santaella (1983), a função da Semiótica é a *classificação* e a *descrição* de todos os tipos de signos. Futuramente, voltaremos a essas características para justificar a fundamentação teórica que apresentaremos adiante.

De forma simplificada, na semiótica as compreensões são mediadas por signos. De acordo com Peirce (2005), um signo é algo que representa outra coisa: o objeto. Portanto, como o signo não é o objeto, ele só pode representar esse objeto de um certo modo e numa certa capacidade (SANTAELLA, 1983). Há, na semiótica peirceana, inúmeras classificações triádicas. Uma das mais conhecidas é a tricotomia que classifica as categorias de pensamento (SOUZA, 2012) ou que serve de modelo capaz de conter a multiplicidade dos fenômenos do mundo (NÖTH, 2003). São elas a primeiridade, a secundidade e a terceiridade, como descrito no Quadro 1. Note que, no Quadro 1, existem diversas tricotomias. Assim, primeiridade, secundidade e terceiridade são uma categorização para as tricotomias; ícone, índice e símbolo fazem parte de uma tricotomia (segunda tricotomia ou Tricotomia II); rema, discente e argumento são um outro exemplo de tricotomia (Tricotomia III) entre tantas outras possíveis. Nesse trabalho focalizaremos duas, em especial. São elas, as categorias de primeiridade, secundidade e terceiridade e as categorias da segunda tricotomia, ícone, índice e símbolo.

**Quadro 1** – Tricotomias e categorias de acordo com a semiótica de Peirce.

Tricotomias	I	II	III
Categorias	REPRESENTAMEN em si	Relação com o OBJETO	Relação com o INTERPRETANTE
PRIMEIRIDADE	QUALI-SIGNO	ÍCONE	REMA
SECUNDIDADE	SIN-SIGNO	ÍNDICE	DICENTE
TERCEIRIDADE	LEGI-SIGNO	SÍMBOLO	ARGUMENTO

Fonte: Santaella (1983)

Segundo Nöth (2003), a primeiridade é a categoria do sentido imediato e presente das coisas, sem nenhuma relação com outros fenômenos do mundo. É a categoria do sentimento sem reflexão, da possibilidade apenas, da potencialidade, do imediato. De acordo com Santaella (1983), a primeiridade é a categoria que dá à experiência sua qualidade distintiva.

O azul de um certo céu, sem o céu, a mera e simples qualidade do azul, só o azul, é aquilo que é tal que é, independentemente de qualquer outra coisa. [...] O primeiro (primeiridade) é presente e imediato, de modo a não ser segundo para uma representação. Ele é fresco e novo, porque, se velho, já é um segundo em relação ao estado anterior. [...] Ele não pode ser articuladamente pensado; afirme-o e ele já perdeu toda sua inocência característica, porque afirmações sempre implicam a negação de uma outra coisa. Pare para pensar nele e ele já voou. [...] Consciência em primeiridade é qualidade de sentimento e, por isso



mesmo, é primeira, ou seja, a primeira apreensão das coisas [...]. Qualidade de sentir é o modo mais imediato, mas já imperceptivelmente medializado de nosso estar no mundo: nossa primeira forma rudimentar, vaga, imprecisa e indeterminada de predicação das coisas.

Esse estado-quase, aquilo que é ainda possibilidade de ser, deslança irremediavelmente para o que já é, e no seu ir sendo, já foi. Entramos no universo do segundo (SANTAELLA, 1983, p. 45-47).

A secundidade inicia-se, então, quando um fenômeno primeiro é relacionado a um fenômeno segundo. É a categoria da comparação, da realidade, da ação, da experiência (NÖTH, 2003). De acordo com Santaella (1983), a secundidade é a arena da existência cotidiana. Segundo a autora, enquanto a primeiridade indica a qualidade de um fenômeno, a factualidade do existir está na corporificação material, isto é, na secundidade. Secundidade é a matéria que, com a qualidade encarnada, pode de fato existir.

Secundidade é aquilo que dá à experiência seu caráter factual, de luta e confronto. Ação e reação ainda em nível de binariedade pura, sem o governo da camada mediadora da intencionalidade, razão ou lei.

Falar em pensamento, no entanto, é falar em processo, mediação interpretativa entre nós e os fenômenos. É sair, portanto, do segundo como aquilo que nos impulsiona para o universo do terceiro (SANTAELLA, 1983, p. 50-51).

A terceiridade, por sua vez, é a categoria que relaciona um fenômeno segundo a um terceiro. É a categoria da mediação, da memória, da comunicação, do pensamento (NÖTH, 2003).

A terceiridade aproxima um primeiro e um segundo numa síntese intelectual. Por exemplo: o azul, simples e positivo azul, é um primeiro. O céu, como lugar e tempo, aqui e agora, onde se encarna o azul, é um segundo. A síntese intelectual, elaboração cognitiva – o azul no céu, ou o azul do céu –, é um terceiro (SANTAELLA, 1983, p. 51).

Nota-se, no Quadro 1, que a primeira tricotomia (Tricotomia I) busca estabelecer relações do signo, ou *representamen*, com ele mesmo. Assim, consideramos que essa classificação tenha aspecto majoritariamente ontológico-filosófico, o que não ajuda a resolver o nosso problema acerca da elaboração de significados na sala de aula, o qual nos motivou a realizar o presente trabalho.

A segunda tricotomia (Tricotomia II) relaciona o signo com o objeto que ele representa e, por tal característica, acreditamos ser esta classificação a que se encontre mais próxima dos aspectos da sala de aula, com maior caráter epistemológico. Além de razões filosóficas e analíticas, temos também razões pragmáticas para a escolha dessa tricotomia como a

classificação norteadora deste trabalho: as categorias escolhidas têm relação direta com os signos observados, quais sejam as falas dos estudantes.

Por fim, a terceira tricotomia (Tricotomia III) está relacionada com o signo e o interpretante, ou seja, o significado ou ideia que o signo provoca naquele que o interpreta – um processo relacional que se cria na mente do intérprete (NÖTH, 2003). A terceira tricotomia é elencada por Souza (2012) como o nível pretendido para se chegar à síntese intelectual, o que de fato é válido, como afirma Santaella (1983) ao definir que a semiose é o processo no qual o signo tem um efeito cognitivo sobre o intérprete e que, portanto, seria nesse nível que se daria a formação de conceitos. Entretanto, acreditamos que a terceira tricotomia, embora apresente importância legítima no processo de elaboração de significados, não seja o nível que pretendamos utilizar como inspiração, uma vez que ele apresenta amplo caráter psicológico e subjetivo. Posto isso, iremos nos ater ao nível da segunda tricotomia, que trata da relação do signo com o objeto que busca representar, como estímulo para nossas análises no decorrer deste trabalho.

Na segunda tricotomia (Tricotomia II, no Quadro 1), nível da relação entre signo e objeto, a semiótica peirceana categoriza e classifica os tipos de signos como ícones, índices ou símbolos (NÖTH, 2003).

O *ícone* é um signo cuja qualidade significante provém meramente da sua qualidade (PEIRCE, 2005). Trata-se de um signo que é semelhante ao objeto que representa e, portanto, é a similaridade entre o signo e o objeto que o caracteriza como signo icônico (SANTAELLA, 1983). Existe uma associação entre signo e objeto resultante de uma relação estabelecida no ponto de vista do sujeito que interpreta o signo icônico (NÖTH, 2003). O ícone, quando participa da primeiridade por ser um signo cuja qualidade significante provém meramente da sua qualidade, é chamado de ícone puro.

O ícone puro é um ícone não comunicável, porque serviria como signo apenas pelo fato de possuir a qualidade que o faz significar. Peirce (2005), entretanto, refere-se também aos ícones que participam na secundidade e na terceiridade, denominando-os *hipoícones*, definidos de acordo com a similaridade entre *representamen* e objeto. Eles podem ser, então, classificados como *sin-signo icônico*, quando na secundidade, e *legi-signo icônico*, quando na terceiridade. O hipoícone, além de apresentar semelhança, pode ainda participar do caráter do objeto e, ainda, apresentar qualidades que são semelhantes às do objeto e provocam sensações análogas na mente. Como exemplos de ícones, temos retratos, pinturas, fotografias e diagramas. Na Química, seriam exemplos de signos icônicos as representações espaciais de moléculas, em que

se objetiva mostrar aspectos tridimensionais, informações sobre geometria molecular, ângulos e comprimentos de ligações.

Já o *índice* é um signo que indica outra coisa com a qual está factualmente ligado, tal como rastros, pegadas, resíduos, remanências (SANTAELLA, 1983). Não há semelhanças com o objeto que representa, mas há relação por uma associação por contiguidade (NÖTH, 2003). O índice participa da categoria de secundidade porque é um signo que estabelece relações diáticas entre *representamen* e objeto. Outros exemplos peircianos de índices são o cata-vento, uma fita métrica, um dedo indicador apontando numa direção e um grito de socorro. Nomes próprios também são índices, porque referem-se a indivíduos particulares. Nos primeiros contatos com a Química, é comum os estudantes se depararem com os chamados indícios (ou evidências) de transformações químicas, tais como a produção de substâncias gasosas, ou insolúveis, por exemplo. Além disso, as representações (s), (l), (v), (g), empregadas junto às fórmulas das substâncias, podem ser entendidas também como índices, uma vez que indicam o estado de agregação da substância referida, bem como os nomes e fórmulas químicas em frascos de reagentes, por exemplo.

Por fim, o *símbolo* é um signo que mantém uma relação arbitrária e dependente de convenções sociais com o objeto que representa. Esse signo participa da categoria de terceiridade, tais como hábitos, leis, regras, memória, os quais se situam entre *representamen* e objeto. Exemplos de símbolos são palavras, frases, senhas, um credo religioso, uma entrada de teatro ou um bilhete (NÖTH, 2003). Na Química, por exemplo, os elementos químicos e as fórmulas químicas de compostos são representados por signos classificados como símbolos.

Embora exista essa vasta classificação triádica, é útil pontuar que há flexibilidade e possibilidade de vermos diferentes aspectos nas classificações dos signos. Isto é, a classificação não é rígida e imutável, de modo que há signos de base simbólica em que predominam aspectos icônicos ou indiciais. No uso prático da língua falada ou escrita, por exemplo, os símbolos logo adquirem ancoragem indicial (NÖTH, 2003).

O nosso interesse no uso da semiótica peirceana nesse trabalho está no fato de que essas classificações são úteis na organização dos dados. A semiótica, como afirma Santaella (1983) tem a função de classificação e categorização. Necessitamos, entretanto, superar a pura categorização. Nesse sentido, defendemos a importância da Semiótica e, ao mesmo tempo, buscamos por outras correntes que possam nos auxiliar para além da rotulação dos signos, o que será apresentado no Capítulo 2.

O trabalho de Laburú e da Silva (2016), por exemplo, busca circunscrever a aprendizagem de conceitos científicos a partir de uma perspectiva semiótica. O estudo apresenta reflexões de quatro pontos básicos, os quais são:

1) A aquisição dos conhecimentos que dispõem e utilizam de uma variedade de representações apresenta, para muitos alunos, uma dificuldade adicional para a aprendizagem dos conteúdos que ultrapassa a utilizada pela linguagem verbal natural; 2) Os símbolos, esquemas etc. formam uma linguagem de códigos, regras e significados próprios que precisam ser aprendidos para os conceitos correlacionados serem elaborados; 3) Uma deficiente destreza das linguagens simbólicas científicas pelo aprendiz encobre não só dificuldades conceituais associadas à formação do signo, mas igualmente prejudica o entendimento mais geral do conteúdo estudado; 4) A produção intelectual dos alunos tende a alcançar uma qualidade radicalmente diferente caso tenham a oportunidade de descobrir em distintos registros e no uso discursivo integrado de múltiplos modos de representação a organização intelectual que devem expressar; ou seja, aprendizes submetidos a um processo de negociação das questões representacionais, surgidas da provocação de transformações de registros e da necessidade de re-representar o mesmo conceito em diversos modos, ao mesmo tempo em que são instigados a integrá-los num discurso compreensível, tendem a demonstrar melhor entendimento conceitual do que aqueles que não têm ocasião de assim o fazer (LABURÚ; DA SILVA, 2016, p. 10).

Acreditamos que os quatro pontos assinalados por Laburú e da Silva (2016) tenham grande dependência da Semiótica. Não entendemos, entretanto, que apenas a teoria semiótica seja suficiente para entendermos a transformação que ocorra, por exemplo na “destreza das linguagens simbólicas científicas pelo aprendiz” ou pela “produção intelectual dos alunos” que será diferente “caso tenham a oportunidade de descobrir em distintos registros e no uso discursivo integrado de múltiplos modos de representação a organização intelectual que devem expressar”. Neste trabalho trazemos uma sugestão de ir além da reflexão proporcionada pela Semiótica, e buscamos, na análise da ação dos indivíduos, entender o processo que ocorre na elaboração dos significados. Desse modo, é indiscutível que a Semiótica apresentará grande parcela de importância. Basta ressaltar que a ação mediada, esclarecida no Capítulo 2, será também essencial nessa análise, por ser responsável por compor mais uma camada de conhecimento que nos auxilia a compreender a elaboração de significados.

Posto isso, segue uma revisão sobre as representações criadas especialmente para serem utilizadas no ensino de Química, especificamente com trabalhos que se valem das categorias inspiradas na semiótica peirceana ao seu final.

## 1.2 Representação no Ensino de Química

Um dos trabalhos mais conhecidos acerca das representações químicas é o de Mortimer (1996). É um trabalho seminal no qual se discute o significado da atribuição de fórmulas para as substâncias químicas, além de procurar apontar as possibilidades e os limites dos modelos de estruturas moleculares. De acordo com o autor, a ideia de fórmula química surgiu como forma de expressar as quantidades das substâncias elementares que se combinam. Gay-Lussac, em seus experimentos, demonstrou que a água era constituída por exatamente dois volumes de gás hidrogênio para cada volume de gás oxigênio, o qual serviu de fundamento para estudos e descobertas relevantes realizadas por Avogadro e Berzelius, que admitiam a fórmula da água como  $H_2O$  (REZENDE; QUEIROZ, 2005). Nota-se que os signos aí utilizados têm caráter tanto simbólico, na escolha das letras que simbolizam seus respectivos elementos químicos, quanto indicial: para indicar a quantidade de átomos de hidrogênio utiliza-se o numeral 2 e para a quantidade de oxigênio, o numeral 1, omitido.

Mortimer (1996) relata que, a partir da segunda metade do século XIX, os químicos começaram a usar as fórmulas químicas como uma representação espacial da molécula, que poderia explicar várias propriedades das substâncias.

Assim, as fórmulas químicas passavam a representar não só as quantidades combinadas, mas também a realidade molecular, permitindo antever como os átomos que constituíam a molécula se distribuíam no espaço e de que forma se ligavam uns aos outros. A partir de 1930, com os avanços da teoria quântica, a ligação química é melhor entendida e passa a representar uma interação de natureza eletromagnética que ocorre entre os núcleos e as eletrosferas de átomos vizinhos. A ligação, representada por um ‘tracinho’ com que ligamos os átomos de hidrogênio e oxigênio na fórmula da água, representa na verdade uma região do espaço ocupada por elétrons que estão sendo atraídos pelos dois núcleos vizinhos. Ele não tem a realidade física de um elo material, apenas representa uma interação ou força elétrica que tem uma direção preferencial (MORTIMER, 1996, p. 19).

De modo geral, as representações estruturais químicas são ferramentas culturais que os professores utilizam para mediar a construção dos conceitos em sala de aula, sendo utilizadas em suportes como fala, giz e lousa, tela de projeção, objetos plásticos, etc. (GIORDAN; SILVA-NETO; AIZAWA, 2015) e são elementos intrínsecos das ciências experimentais, como a Química (KLEIN, 2001).

Já segundo Justi e Gilbert (2002), a educação em Química requer o aprendizado de modelos científicos, isto é, a formação de representações mentais apropriadas, sem as quais os

estudantes podem ter dificuldades de aprendizado. Os processos de representação e visualização seriam, portanto, fundamentais para o ensino da disciplina, considerando a necessidade de se aprender os modelos científicos já estabelecidos e aprender, também, a desenvolver novos modelos de natureza tanto quantitativa quanto qualitativa (GILBERT; REINER; NAKHLEH, 2008; SCALCO; CORDEIRO, KIILL, 2015).

As representações químicas são metáforas, modelos ou construtos teóricos da interpretação química da natureza e da realidade (HOFFMAN; LASZLO, 1991), características, essas, determinantes da formação de um pensamento que diferencia a Química de outras ciências (NYE, 1993).

Por ser uma ciência que trata da matéria em uma escala submicroscópica, ou nanoscópica, as representações são parte importante do conhecimento químico (GOIS, 2007). Desse modo, uma variedade de representações foi desenvolvida pelos químicos, como modelos moleculares, estruturas químicas, fórmulas, equações e símbolos, para investigar fenômenos da natureza (HOFFMAN; LASZLO, 1991). Essas representações apresentam especialmente as imagens de partículas e suas formas geométricas em duas ou três dimensões, de forma a compor uma linguagem espacial (BALABAN, 1999; HABRAKEN, 2004; NYE, 1993), veiculam informações que não são facilmente entendidas de outro modo (LARKIN; SIMON, 1987) e possibilitam aos químicos pensarem e se expressarem em um formato visual de maneira eficiente.

É por meio destas representações que os químicos conseguem visualizar, discutir e compreender objetos e processos que não estão presentes ou não são visíveis numa dada situação (KOZMA; RUSSELL, 2007; COOK, 2006). Assim, tais representações deveriam ser objetivas naquilo que pretendem representar (GOIS, 2007). Representações ideais devem mostrar apropriadamente características críticas de um determinado domínio de conhecimento e, ao mesmo tempo, ignorar as informações irrelevantes (RIEBER, 1996).

Wu e Shah (2004) acreditam que a efetividade no ensino de Química dependeria tanto da habilidade do professor em explicar conceitos abstratos e complexos quanto da habilidade dos estudantes em compreender tais explicações, de modo que as representações visuais seriam empregadas para auxiliar os estudantes na aprendizagem de conceitos químicos pela construção de seus próprios modelos mentais. Conhecer e entender as diferentes formas de representação em química tem sido uma das vertentes do ensino de Química (FERREIRA; ARROIO, 2013) e um objeto de estudo recorrente, uma vez que pesquisadores da educação e professores de Química têm reconhecido a importância do assunto para o ensino dessa ciência. O crescente número de estudos dedicados ao tema tornou a pesquisa em visualização no ensino de Química

consideravelmente mais densa e diversa, ao que se associa o grande volume de informação desde 2001 (TERUYA *et al.*, 2013).

Diversos trabalhos baseiam-se em uma fundamentação semiótica para compreenderem seus problemas de pesquisa, como Caldeira e Silveira (1998), Dallemole, Groenwald e Ruiz (2011), Laburú e da Silva (2016), Almeida e Silva (2012) e Santos e Curi (2012). As pesquisas com essa fundamentação não são exclusivas do ensino de Química; encontram-se muitos trabalhos nas áreas de ensino de Matemática, de Física e de Biologia. Os trabalhos de Souza e Porto (2010) e Gois e Giordan (2007), especialmente, são voltados para a relação entre a Semiótica e a Química, com os quais se assemelha o presente trabalho.

De acordo com a Teoria Sociocultural de Vigotski (1978), as visualizações podem ser consideradas ações em que sistemas de signos são constantemente utilizados para mediar processos sociais (comunicar, construir conhecimento) e o pensamento. Essa perspectiva sociocultural propõe-nos que o processo de significação, em sala de aula, seja concebido por uma prática social mediada pelo signo e pelo outro (colegas e professores) (MACHADO, 1999).

Notamos, em nossa pesquisa bibliográfica, uma variedade de significados e sinônimos atribuídos ao termo *representação* (DE BRITO REZENDE; WARTHA, 2011). Além disso, percebemos que o termo manifesta forte relação com o termo *visualização*. Segundo Gobert (2005), o termo *visualização*, tanto na psicologia quanto na pesquisa educacional, apresenta três usos mais comuns, que incluem três processos distintos, mas não exclusivos. São eles: a visualização como *representações externas*, que se referem a formas de representação com finalidade didática, como gráficos, diagramas, modelos e simulações; a visualização como *representações internas*, definidas como construtos mentais internos ou modelos mentais; e a visualização como *habilidade espacial*, que compreende a habilidade visuoespacial de lidar com informações desse gênero (GOBERT, *op. cit.*).

A formação de modelos mentais, também chamados visualizações internas, tem recebido, por parte de alguns autores, um forte apoio (GILBERT, 2005; WU; SHAH, 2004). Embora seu uso seja generalizado, não há uma definição geral ou única do que possa ser entendido por modelo mental. Atualmente, vários pesquisadores têm se afastado da ideia inicial de que haveria algum isomorfismo entre as representações externas e os modelos que as pessoas têm ou constroem em suas cabeças, as representações internas (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011). Desse modo, a visualização estaria relacionada à formação de uma representação interna a partir de uma representação externa, de tal modo que a essência e as relações temporais e espaciais características da representação externa seriam retidas (GILBERT; REINER; NAKHLEH, 2008). Portanto, os modelos mentais não seriam réplicas

internas de informação externa, mas fragmentos, pedaços incompletos de informação que seriam recuperados em função das tarefas ou objetivos da pessoa (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, op. cit.).

Um estudo realizado por Teruya *et al* (2013) acerca da pesquisa em visualização no Ensino de Química na última década mostra que este tema tem despertado o interesse de mais pesquisadores da educação, de diferentes países. Ainda se verifica a predominância de trabalhos provenientes de países de língua inglesa a despeito da participação crescente de nações falantes de outras línguas. Os trabalhos na área utilizam mais metodologias de investigação quantitativas, apesar de se observar uma tendência de se usar metodologias de caráter mais qualitativo. O uso deste tipo de metodologia permite, no caso da pesquisa em visualização no ensino de Química, o acesso à forma como os alunos constroem os seus modelos mentais, o que está de acordo com a influência atribuída a estas ferramentas na construção destes modelos e na aprendizagem. Os trabalhos em grupo predominam como metodologia aplicada, assim como as pesquisas que tratam de recursos didáticos, muito embora as pesquisas investigativas estejam aumentando. A maior parte dos estudos envolve principalmente o uso de ferramentas computacionais de visualização, devido à facilidade de manuseio e de construção de moléculas com grande quantidade de átomos, dedicadas, comumente, aos conceitos relacionados à estrutura da matéria.

Fica clara a necessidade de se direcionar as pesquisas sobre a visualização e representação em Química, com o objetivo de ampliar o entendimento sobre o tema e suas implicações diretas e indiretas ao ensino de Química. Destaca-se a produção ainda principiante relacionada ao papel da visualização na formação de professores, bem como as pesquisas sobre os processos de aprendizagem dos alunos em atividades apoiadas por ferramentas visuais por meio de pesquisas qualitativas.

Algumas pesquisas sobre o Ensino de Química foram desenvolvidas com base na semiótica peirceana. A nível de exemplificação, serão apresentados sinteticamente os trabalhos de Gois (2007), Souza (2012), Wartha (2013), Gorri (2014), Scalco (2014), Salvadego (2015) e Machado (2016). A dissertação de Gois (2007) descreve as etapas de desenvolvimento do aplicativo computacional Construtor, a partir do qual estudantes de Ensino Médio podem construir objetos moleculares virtuais tridimensionais. Neste trabalho, também é feita uma discussão sobre a contribuição da teoria semiótica de Peirce, com o objetivo de trazer uma compreensão mais aprofundada a respeito dos processos de significação de representações químicas, dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, na sala de aula.



A tese de Souza (2012) tem como objetivo a reconceitualização das diferentes propostas de descrição da atividade do químico e do Ensino de Química à luz da filosofia de Peirce. De acordo com a autora, essas propostas de descrição são examinadas por meio da caracterização das estratégias de comunicação do conhecimento químico empregadas por autores de livros de Química Geral sob a perspectiva do referencial teórico elaborado e a busca por correlações entre o perfil das representações investigadas, a evolução no conhecimento químico, e as diferentes concepções sobre essa ciência.

Foram analisadas 31 obras e identificadas diferentes abordagens para o conhecimento químico: da química enquanto ciência prática e aplicada (início do século XX) passou-se à ciência do invisível (a partir dos anos 1950) e, mais atualmente, à ciência de interfaces. Tal transição mostrou-se marcada por modificações nas estratégias de representação do conteúdo químico: das ilustrações sobre experimentos e aparatos passou-se à quase negligência dos aspectos descritivos em favor das representações de átomos e moléculas, cuja realidade vai sendo construída ao longo do século a partir de recursos gráficos cada vez mais elaborados e de estratégias semióticas, como o aumento da iconicidade. As estratégias discursivas utilizadas nesse processo, bem como suas implicações para o ensino de Química, discutidas ao longo do trabalho, sugerem que a semiótica peirceana constitui linha de pesquisa fértil e promissora para esta área. Sob essa perspectiva, nove categorias, com subcategorias correspondentes foram propostas: (i) Laboratório e experimentação; (ii) Indústria e meios produtivos; (iii) Gráficos e diagramas; (iv) Ilustrações relacionadas ao cotidiano (com função meramente ornamental ou explicativa); (v) Modelos (cristalográficos / estruturais ou em nível atômico-molecular); (vi) Ilustrações que remetem à História da Ciência e (vii) Fotos ou esquemas de amostras de origem animal, vegetal ou mineral; (viii) Analogias; (ix) Conceitos de Física. As fórmulas estruturais poderiam ser consideradas como categoria específica, mas não o foram, especialmente em sua abordagem quantitativa, por tratar-se de categoria muito numerosa.

Um terceiro trabalho é a tese de Wartha (2013), que objetiva aproximar as ciências cognitivas da semiótica peirceana, na tentativa de compreender as dificuldades dos alunos na apropriação dos processos de representação nas disciplinas de Química Orgânica. O trabalho busca identificar e analisar como ocorrem os processos de percepção, interpretação e construção de representações no ensino e aprendizagem de Química Orgânica. Delimitou-se a sala de aula como núcleo de uma rede de atividades para a formulação de situações de estudo. A justificativa por essa opção, segundo o autor, reside na oportunidade que a sala de aula fornece como meio de intercomunicação, no qual o professor apreende as participações de cada aluno em relação a

um conjunto de atividades propostas ou negociadas, que são interpretadas como relações entre signos, objetos e interpretantes.

O foco central da investigação com os estudantes foi a análise de suas respostas na resolução de problemas que envolviam diferentes formas de linguagem (forma, visual, gráfica, por exemplo). Os objetos de estudo foram provas escritas que os estudantes realizaram durante o curso regular. Na análise das respostas dadas pelos estudantes foi utilizado o referencial teórico construído a partir das relações entre a Semiótica Peirceana e as Ciências Cognitivas. Para as análises das questões elaboradas para as provas foram definidas categorias e subcategorias como variáveis de análise. Entre elas, destacam-se: o signo como qualidade, o signo como existente; e o signo em sua generalidade, que nos remetem claramente à ideia de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade.

Com base nos resultados da pesquisa, o autor conclui que a semiótica peirceana tem muito a contribuir na compreensão dos processos de ensino e aprendizagem de conceitos da Química Orgânica, principalmente no que se refere à importância da aquisição de sua linguagem específica no processo de elaboração conceitual. Foi possível identificar dificuldades de ensino e de aprendizagem na disciplina de Química Orgânica, mais ligadas a aspectos representacionais do que a aspectos conceituais.

A dissertação de Gorri (2014), que tem como principal objetivo elucidar como as representações moleculares, enquanto conjuntos de signos, são utilizadas na comunicação dos conhecimentos introdutórios sobre ácidos e bases em livros-texto de Química Orgânica. Baseando-se na teoria semiótica de Peirce, a autora analisou o que habilita um signo a agir como tal, e as relações sgnicas estabelecidas entre signo (representação) e objeto (representado), bem como o modo que os livros-texto se utilizam dos diferentes tipos de signos nas articulações realizadas na comunicação desses conhecimentos.

Foram analisados 4 livros-texto de Química Orgânica para o Ensino Superior no que diz respeito aos conhecimentos sobre ácidos e bases. Destaca-se que a comunicação dos conhecimentos sobre ácidos e bases ocorreu, majoritariamente, por meio de representações moleculares, que foram praticamente hegemônicas, o que reforça a importância dessas representações no processo de comunicação dos saberes introdutórios sobre ácidos e bases em livros-texto de Química Orgânica. Em seguida, as representações moleculares foram agrupadas em cinco categorias: letra/letra; letra/bastão; Lewis; Mapa de Potencial Eletrostático; e Mapa de Potencial Eletrostático com bola/bastão, e os mesmos foram analisados e apresentados em nível crescente de iconicidade.

Em todas as obras analisadas, as representações dos tipos letra/letra e letra/bastão foram as mais utilizadas, ou seja, prevaleceu o caráter simbólico em tais representações. Contudo, foi possível observar também que alguns possíveis equívocos ou concepções alternativas podem ser reforçadas pelo uso indiscriminado e sem problematização a respeito das representações, ou sem maiores reflexões e esclarecimentos acerca das formas de lê-las e delas extrair as informações que se deseja.

Nesse sentido, destaca-se a pertinência das contribuições da semiótica peirceana, ressaltando a necessidade de novos olhares e novas posturas em relação ao papel das representações, e suas consequentes formas de interpretação, nos processos de comunicação dos conhecimentos de química, em especial, de química orgânica.

Já o trabalho de Scalco (2014) tem como foco a análise das imagens presentes nos livros didáticos de química aprovados pelo PNLEM/2012, referente aos capítulos sobre ligações químicas. As imagens foram identificadas e analisadas quanto às dimensões do conhecimento químico propostas por Johnstone, aos elementos constituintes destas representações e também ao grau de relação presente entre as imagens e seus respectivos textos. Em seguida, as imagens foram analisadas a partir da semiótica peirceana, de acordo com as categorias de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Foi possível perceber que, para que o aluno compreenda o que é representado na imagem e chegue a uma generalidade dos conceitos envolvidos (Terceiridade), este precisa ter um bom inventário químico, que são conhecimentos anteriores necessários para a compreensão do novo conhecimento, em que este possibilitará uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos.

Outro trabalho que apresenta uma pesquisa qualitativa e descritiva, realizada com estudantes do Ensino Médio do curso de Técnico em Química é o de Salvadego (2015), cujo objetivo foi interpretar os sentidos das gesticulações dos estudantes no laboratório de química quando estes realizavam um experimento. Pelos pressupostos baseados na multimodalidade representacional, o laboratório é um espaço instrucional que fornece condições para a produção do entendimento dos conceitos. As gesticulações dos estudantes auxiliam na elaboração de significados, permitindo a expansão de sentidos, e, se consideradas dentro do processo semiótico como signos, podem ser estudadas e analisadas. A pesquisa foi realizada com base em atividade pedagógica de experimentações em físico-química e as gesticulações dos estudantes, os signos analisados no trabalho, foram baseados numa leitura da teoria semiótica de Peirce, alicerçados nas categorias de índice, ícone e símbolo. Os resultados indicam a necessidade de se tornar mais conhecidos instrumentos pedagógicos como o que foram

avaliados nesta tese para que o ensino-aprendizagem, em laboratório, possa ser feito de forma mais imediata e efetiva.

Por fim, a dissertação de Machado (2016) analisa o conjunto de representações estruturais propostas por van't Hoff por meio da semiótica peirceana. O trabalho analisa os fundamentos da representação estrutural para atuar como signo, a relação entre esta e as entidades químicas que representa, bem como os efeitos que é capaz de gerar em seus intérpretes. A análise concentrou-se em estabelecer contrapontos do material original proposto por van't Hoff em 1874 com as três categorias fundamentais da fenomenologia peirceana (Primeiridade, Secundidade e Terceiridade), a fim de estabelecer como resultado um conjunto de orientações para as formas de uso das representações estruturais enquanto signos, para o Ensino de Química em sentido específico. As conclusões indicam que os três níveis sógnicos estão presentes na semiose da representação estrutural de van't Hoff.

Seguimos agora com uma parcela específica e especial sobre representações em química: os níveis de representação e visualização.

### 1.2.1 Níveis de representação química

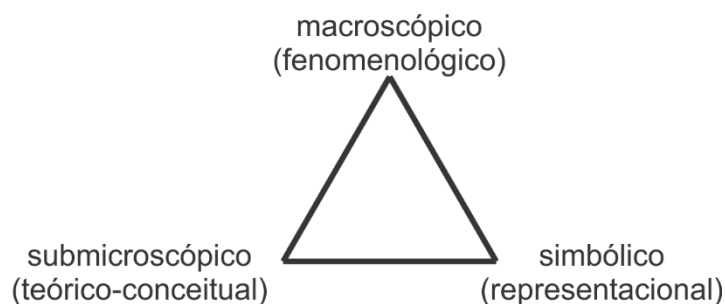
Em 1982, Alex Johnstone, em seu famoso artigo, propôs um modelo triádico para explicar os níveis de representação do conhecimento químico, composto pelos níveis *descritivo e funcional*, no qual é possível ver e manipular materiais, descrever suas propriedades e transformar um material em outro, com conseqüente alteração em suas propriedades; *representacional*, no qual representamos as substâncias por fórmulas e suas transformações por equações; e *explicativo*, nível atômico molecular, no qual explicamos como as substâncias se comportam por meio da interação entre suas partículas, quais sejam: átomos, moléculas, íons etc.

Anos mais tarde, Johnstone (1991) passou a denominar seus níveis como macro, simbólico e submicro, respectivamente. Nesse novo modelo, os três níveis estariam dispostos no vértice de um triângulo. Foi proposto um nível sensorial ou perceptivo (nível macro ou macroscópico), um nível molecular ou exploratório (nível submicro ou submicroscópico) e um terceiro nível, o representacional (nível simbólico).

Insatisfeito com a química ensinada nas escolas, a qual não acompanhava a revolução e o grande crescimento da química orgânica e sua indústria, além de verificar algumas inconsistências em seu antigo modelo, Johnstone (1993) propõe uma nova química, composta por três componentes básicos: a macroquímica do palpável, do concreto, do visível; a

submicroquímica do molecular, do atômico e cinético e a química representacional, dos símbolos, das equações, da estequiometria e da matemática (JOHNSTONE, 1993). Este trabalho é recorrentemente citado ao se tratar do tema da representação no ensino de Química, permanecendo como uma grande influência aos novos estudos e informando-nos de algum modo que Johnstone consagrou uma espécie de forma de encarar a atividade de representação na química (ARAÚJO NETO, 2009). Mortimer, Machado e Romanelli (2000) adaptaram os termos propostos por Johnstone para os termos fenomenológico, teórico-conceitual e representacional e os definiram como os três aspectos do conhecimento químico. A Figura 1 mostra o triângulo proposto por Johnstone, além das contribuições dadas por Mortimer e colaboradores.

**Figura 1** – Triângulo de Johnstone (1991) e termos correspondentes, entre parênteses, propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de sua grande influência, alguns trabalhos (ARAÚJO NETO, 2009; LABARCA, 2010) consideram que a proposição dos níveis de representação é tanto imprópria quanto confusa, e se mostram surpreendidos com a longevidade de uso sem que tenha sido encontrada qualquer divergência sobre ela na literatura da educação em Química. Para Araújo Neto (op. cit.), há uma disposição em tomar a estrutura do triângulo de Johnstone como uma forma de organizar o conhecimento químico em algum tipo de estrutura curricular (escrita ou em ação), e que a forma de compreender a representação envolve uma formulação mentalista, uma disposição que já tem sido criticada desde longa data nos debates centrais sobre esse tema na filosofia. Segundo Araújo Neto:

Tais níveis parecem confundir referentes e referências, o representante e a própria representação. Isso pode ocorrer por uma confusão entre os tais níveis de representação e as coisas do mundo. Se as coisas ao nosso redor, todos os tipos de materiais, os entes que classificamos como submicroscópicos ou quaisquer tentativas que puderem ser feitas de entendê-los (desenhos,

artefatos materiais, equações, etc.) são tomados como representação, tem-se uma proposta não realista de constituição do mundo (...) Não pretendemos criticar essa opção por ser uma proposta não realista, mas sim porque não há tentativa de esclarecimento das proposições (ARAÚJO NETO, 2009, p. 49).

Do mesmo modo, o trabalho de Talanquer (2011) busca ampliar a ideia de que o conhecimento químico pode ser expresso nos três níveis já citados. A nova estrutura proposta por Talanquer (op. cit.) procura apontar algumas saídas para os problemas enfrentados em explicitar quais dos níveis são realmente representações. Seu modelo propõe uma divisão entre o nível experimental (macroscópico/experiências) e o representacional (sub-microscópico e simbólico/modelo e visualização) (TALANQUER, 2011).

Apesar do trabalho de Araújo Neto (2009) apresentar bom levantamento e discussão das ideias de Johnstone e de suas limitações, acreditamos ser interessante apresentá-las aqui, especialmente para que sejam colocadas ao lado de outras propostas com finalidades semelhantes a serem discutidas. Muitos trabalhos foram desenvolvidos em torno das categorias propostas por Johnstone e, assim, consideramos que, para os objetivos propostos neste trabalho, as limitações apontadas pelos autores não serão impeditivas. Significa dizer que esses níveis não são fundamento teórico do presente trabalho; apenas são utilizados para auxiliar a definir e circunscrever nosso problema de pesquisa.

Assim, de forma sucinta, consideraremos que no processo de compreensão do conhecimento químico estão envolvidas três diferentes dimensões da realidade, ou níveis de representação: macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 1991). No nível de representação macroscópico, os fenômenos são observáveis e, no submicroscópico, o fenômeno químico é explicado por meio do arranjo, movimento e interação de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies subatômicas (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). A química no nível simbólico refere-se tanto a representações simbólicas de átomos e moléculas, quanto a símbolos químicos como, por exemplo, fórmulas, equações e estruturas. As representações do nível simbólico do conhecimento químico, mesmo em representações muito simples, podem se referir tanto ao nível macroscópico, como no caso da representação do estado de agregação (sólido, líquido, gasoso) de determinada substância, quanto ao nível submicroscópico, como na própria representação do elemento químico e da atomicidade da substância (GOIS, 2007). “As representações simbólica e submicroscópica evoluíram de analogias fenomenológicas de experiências sensoriais no nível macroscópico” (GOIS, 2007, p. 29), as quais permitem aos químicos terem uma linguagem comum para sua investigação conjunta (HOFFMAN; LASZLO, 1991) e são utilizadas para a comunicação entre profissionais da comunidade

(KOZMA *et al.*, 2000). Assim, de acordo com Johnstone (1991) para obter uma boa compreensão da química, seria necessário conhecer esses três níveis, bem como transitar entre eles.

As diferentes formas de representação química têm sido utilizadas para comunicar conceitos a estudantes do Ensino Médio e Superior (GOIS, 2007). Os currículos e livros, por exemplo, utilizam uma variedade de representações visuais para introduzir conceitos químicos fundamentais (NOH; SCHARMANN, 1997). O uso de imagens e representações pode ser um recurso didático útil para o Ensino de Química, pois estudos têm mostrado que os estudantes que possuem a habilidade de visualizar o fenômeno químico no nível molecular, ou seja, produzir uma representação interna do fenômeno em nível submicroscópico, desenvolvem boa compreensão conceitual (PASELK, 1994; RUSSELL *et al.*, 1997).

O nível submicroscópico do conhecimento químico esteve representado, por muito tempo na história desta área de conhecimento, por letras e figuras geométricas bidimensionais. A visualização tridimensional desta dimensão do conhecimento químico tornava-se um exercício da imaginação dos praticantes desta disciplina, por meio de esforço intelectual na intenção de agrupar propriedades isoladas (GOIS, 2007). Atualmente, é possível visualizar e, mesmo, manipular objetos moleculares tridimensionais que reúnem e simulam de forma apropriada o conhecimento a respeito da natureza particulada da matéria.

Muitos estudos têm sido realizados por professores e pesquisadores do ensino de Química sobre como promover o entendimento conceitual em estudantes do Ensino Médio (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001) e Superior (KOZMA; RUSSELL, 1997; GIBIN, 2015) por meio do desenvolvimento da habilidade de representação das três dimensões do conhecimento químico. As conclusões desses estudos indicam que os estudantes parecem dominar as construções simbólicas da química, mas a tratam como processos matemáticos, ao invés de considerá-las representações de processos dinâmicos e interativos. Outras pesquisas apontam para o fato de que os estudantes podem elaborar a resposta correta para problemas em Química possuindo apenas um entendimento conceitual limitado sem que tenham se apropriado, de fato, da simbologia química associada (SAWYER, 1990; SMITH; METZ, 1996). É neste sentido que se tem defendido a resolução satisfatória de problemas de Química estimulando o estudante a se apropriar de dispositivos de pensamento da Química, o que é observado em situações que os permitam comparar o fenômeno macroscópico com a sua representação simbólica e submicroscópica.

A representação dos níveis de conhecimento através de múltiplos meios tem sido eficaz no ensino de Química, por meio da utilização de diferentes sistemas de símbolos para

representar informações em diferentes formas (KOZMA, 1991). As características superficiais de cada sistema de símbolos podem melhor representar certas características da informação (KOZMA; RUSSELL, 1997). De forma geral, estudantes sentem-se confortáveis com as representações da dimensão macroscópica do conhecimento químico. As representações que se referem exclusivamente a esse nível do conhecimento geralmente são compostas por esquemas intuitivos com significados facilmente apreensíveis. Não existem muitos tipos diferentes ou específicos do conhecimento químico de representações macroscópicas. Já na dimensão submicroscópica do conhecimento químico, os estudantes geralmente apresentam dificuldades de compreensão e de habilidades de expressão oral ou grafada. As reclamações mais frequentes são a existência de muitas representações e de muitos tipos, e a dificuldade de apreensão dos significados das representações.

Para muitos pesquisadores da área da psicologia cognitiva, um dos grandes desafios do ensino de química seria fazer com que os alunos transitassem entre esses três componentes do chamado triângulo de Jonhstone e, por isso, assistimos nas últimas décadas a uma intensa pesquisa nas áreas da cognição e da computação com o objetivo de desenvolver as melhores ferramentas visuais, sejam elas artefatos materiais ou programas computacionais; e as melhores práticas pedagógicas, que permitam conjuntamente com essas ferramentas uma aprendizagem significativa por parte dos alunos (FERREIRA; ARROIO, 2013).

Outros pesquisadores têm sugerido diferentes abordagens como apoio ao ensino de Química, como por exemplo a adaptação de estratégias de ensino baseado no modelo de mudança conceitual (KRAJCIK, 1991), uso de modelos concretos (COPOLO; HOUNSHELL, 1995) e uso de tecnologias como ferramentas de aprendizado (BARNEA; DORI, 1999; KOZMA *et al.*, 1996; WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001). O uso de modelos concretos aliado às tecnologias como ferramentas de aprendizado é promissor (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, *op. cit.*) e, além disso, estudos indicam bons resultados de aprendizagem quando são utilizados objetos moleculares concretos como forma de visualização do modelo de partículas e das transformações químicas relacionadas (COPOLO; HOUNSHELL, *op. cit.*; GABEL; SHERWOOD, 1980).

Alguns trabalhos mostram que os alunos preferem as representações tridimensionais a outros tipos de representações e a correta percepção da estrutura molecular tridimensional é um passo básico, que deve preceder outras operações mentais. Essa preferência deve-se ao fato de uma representação tridimensional ajudar os alunos a obterem uma melhor percepção do arranjo espacial dos átomos, da conectividade entre átomos e moléculas e das interações permanentes



entre as várias entidades submicroscópicas presentes em qualquer porção de matéria (FERK *et al.*, 2003).

Outros autores observaram um efeito cumulativo de longo prazo no entendimento a respeito dos fenômenos quando os alunos são submetidos à manipulação de objetos moleculares concretos (GABEL; SHERWOOD, 1980). Esse tipo de visualização é considerado com um dos mais utilizados atualmente, pois simplifica, ilustra e permite a exploração da estrutura e do processo químico associado. Porém, estes objetos moleculares geralmente têm alto valor e são disponibilizados em quantidade limitada, o que restringe seu uso à construção de moléculas com tamanho reduzido de átomos (BARNEA; DORI, 1999). Para muitos autores, essas representações são consideradas poderosas ferramentas cognitivas que levarão os alunos a transitarem melhor entre esses componentes do triângulo de Johnstone, considerando, igualmente, que, para que os estudantes consigam usar corretamente essas ferramentas visuais, devem desenvolver habilidades espaciais, competências metavisuais e competências representacionais, no sentido de eles poderem utilizar as visualizações para refletirem, comunicarem e atuarem sobre fenômenos químicos (FERREIRA; ARROIO, 2013).

O uso de recursos de visualização contribui para o melhor entendimento, entre os estudantes, dos diferentes níveis de representação da química e de como eles se integram (MARSON; TORRES, 2011). A interação entre estudantes, professor e aplicações multimídia faz com que os estudantes se tornem participantes ativos no processo de aprendizagem (OBLINGER, 1993). Oblinger (op. cit.) observa que, quando o professor apenas fala, cerca de 20% das informações são retidas pelos alunos; quando os alunos veem e ouvem as informações, eles podem reter cerca de 40%. No entanto, quando eles veem, ouvem e estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retêm cerca de 75% das informações. Embora os valores destas porcentagens possam ser questionáveis, esses dados apontam uma relação direta com a aprendizagem e a participação dos estudantes no processo, o que, de fato é favorável para nosso trabalho.

Posto isso, a seguir focalizamos nossa discussão nas dificuldades de aprendizagem relacionadas com as representações químicas.

### 1.2.2 Dificuldades envolvidas na representação química

Várias pesquisas indicam que estudantes do Ensino Médio e Superior apresentam dificuldades para compreender os diferentes níveis de representações em química (BEN-ZVI *et al.*, 1987; DE VASCONCELOS; ARROIO, 2013). Muitos deles não têm sucesso em cursos de

Química porque nunca aprenderam a visualizar sistemas químicos ou a fazer desenhos para ajudar a resolver problemas (TURNER, 1990). Outros estudos reforçaram o princípio de que a visualização ocupa um papel central na aprendizagem (DE VASCONCELOS; ARROIO, op. cit.). Pellegrinet e Mata (2005), afirmam que graduandos geralmente enfrentam sérias dificuldades para visualizar e desenhar moléculas orgânicas. A análise conformacional, por exemplo, é frequentemente um dos primeiros tópicos em Química Orgânica que lida com as questões cruciais de visualização e representação de moléculas orgânicas. Ainda de acordo com os autores, se os estudantes não lidarem com essa questão no início do curso, torna-se mais difícil entender assuntos considerados ainda mais complexos, como a estereoquímica e a quiralidade, por exemplo (PELLEGRINET; MATA, 2005).

O ensino de Química e a pesquisa educacional historicamente enfatizaram o aprendizado e a informação verbal, deixando as representações visuais em segundo plano, como se o uso de imagens implicasse a aprendizagem implícita dos conceitos (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003; COOK, 2006). São poucas as instituições de ensino que, explicitamente, ensinam essas habilidades aos alunos, uma vez que é comum a suposição errônea de que elas, assim como outras habilidades cognitivas, podem ser adquiridas automaticamente pela simples realização de atividades que exigem visualização ou pelo uso de ferramentas de visualização (SCHONBORN; ANDERSON, 2006). Essa situação deve-se, muito provavelmente, à pouca importância dada, ainda, ao uso dessas ferramentas nos cursos de formação inicial (FERREIRA; ARROIO, 2009) e, conseqüentemente, a uma formação superficial e pouco sólida nesta área (TERUYA *et al.*, 2013).

Dentre as questões levantadas pelos pesquisadores, pode ser citado o efeito da utilização de ferramentas de visualização no aprendizado. Diversos estudos comparam grupos de pesquisa que fizeram uso de determinado recurso de visualização e grupos de controle que tiveram aulas sem o recurso ou com pouca ênfase em visualização (EVANS; YARON; LEINHARDT, 2008) trazendo, em sua maioria, conclusões favoráveis ao uso das ferramentas de visualização.

As dificuldades de aprendizado podem ser atribuídas à natureza dual da química, que apresenta tanto as características reais e visíveis do nível macroscópico quanto as reais, mas não tão visíveis, do nível submicroscópico (CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2008). De acordo com os autores, seria exatamente essa impossibilidade de enxergá-lo, refletida em modelos mentais pobres envolvendo a estrutura da matéria, que tornaria o nível submicroscópico de difícil compreensão para os estudantes.

A relação entre visualização e o ensino de Química foi apontada num estudo de Wu e Shah (2004) com uma revisão bibliográfica focada em três aspectos: correlação entre

habilidades espaciais e aprendizado de Química; erros conceituais e dificuldade de se entender representações visuais; e ferramentas de visualização desenvolvidas para superação dessas limitações. Os resultados da pesquisa mostraram uma correlação positiva entre êxito no aprendizado de química e melhores habilidades visuoespaciais, além do fato de que muitos dos erros conceituais apresentados pelos estudantes são decorrentes da falta de entendimento adequado das representações visuais. Entretanto, tais representações invariavelmente acabam restringindo-se a determinados aspectos dos conceitos e princípios estudados, o que exige dos estudantes habilidades visuoespaciais para visualizar aquilo que não está explícito na representação original. Essa dificuldade é bastante recorrente quando é cobrada dos estudantes, por exemplo, a visualização tridimensional de moléculas que estão representadas bidimensionalmente em livros didáticos (GIORDAN; GOIS, 2005; BARNEA; DORI, 1999)

Gois (2007) observa que tanto professores como pesquisadores e profissionais da Química operam apropriadamente entre as dimensões do conhecimento, enquanto estudantes têm dificuldade em estabelecer relações entre esses níveis. Muitos estudantes são incapazes de gerar uma representação equivalente para determinados tipos de representação (KOZMA; RUSSELL, 1997) o que decorre de inconsistências conceituais (KEIG; RUBBA, 1993) ou da dificuldade de visualização espacial (TUCKEY; SELVARATNAM; BRADLEY, 1991). Ferreira, Arroio e Rezende (2011) acreditam que se o aluno não conseguir transpor corretamente a representação, ele construirá um modelo mental defasado do cientificamente aceito, que se constituirá em obstáculo à sua aprendizagem.

Estudantes iniciantes em Química frequentemente precisam traduzir os níveis de representação macroscópica e submicroscópica do conhecimento químico para um formato simbólico de fórmulas e equações. De modo geral, os alunos de Ensino Médio frequentemente são incapazes de produzir representações equivalentes entre modelos de fórmula, configuração eletrônica e bola-vareta (KEIG; RUBBA, op. cit.), ou entre representações bidimensionais e tridimensionais (ROZZELLE; ROSENFELD, 1985; SRINAVASAN; OLSON, 1989). Os estudantes nem sempre compreendem o propósito da representação que é utilizada pelo professor. Se familiarizar com o propósito de cada nível de representação pode melhorar a compreensão por parte do aluno, bem como a sua habilidade de explicar um conceito (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

Desta forma, parece bastante provável que a utilização de modelos, analogias e gráficos computacionais em situações estruturadas de ensino seja produtiva para os estudantes se apropriarem das formas de pensamento químico, conforme alguns estudos têm sugerido (GOIS, 2007). Visualizações apropriadas podem melhorar a percepção do aprendiz sobre o objeto ou

sobre as ideias representadas no objeto. É necessário, portanto, considerar, tanto a fundamentação epistemológica da Química nas especificidades do seu paradigma atômico-molecular, quanto a organização das atividades de ensino quando nos propomos a introduzir um meio mediacional estranho à sala de aula e à própria concepção de ensino de Química predominante nas escolas de Ensino Médio.

Descrições verbais ou bidimensionais são menos apropriadas para representar as relações estruturais presentes em uma representação tridimensional, pois estas oferecem a possibilidade de abstração de informações relevantes a partir do formato visual oferecido no material instrucional. Há evidências de que alguns tipos de representação, especialmente quando animada e dinâmica, são capazes de aprimorar a visualização tridimensional dos estudantes (TUCKEY; SELVARATNAM; BRADLEY, 1991). Quando alunos podem manipular esses objetos, eles podem se familiarizar com seus detalhes (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001).

Outra questão relevante é a influência do conhecimento prévio do aluno no aproveitamento dos recursos de visualização. Alunos com domínio conceitual prévio de níveis diferentes adotam estratégias distintas quando resolvem problemas; além disso, o conhecimento prévio também influenciaria a interação entre os alunos ao resolver os problemas (LIU; ANDRE; GREENBOWE, 2008). Alunos com melhor entendimento prévio de um conceito dirigem sua atenção visual a aspectos mais relevantes de uma representação visual e têm mais facilidade em coordenar representações micro e macroscópicas para compreender um fenômeno (COOK; WIEBE; CARTER, 2008).

O conhecimento prévio pode influenciar a forma como o aluno percebe e interpreta uma representação visual (COOK, 2006). A respeito disso, é interessante citar o estudo de Ardac e Akaygun (2005) que compara o uso de animações no ensino de transformações químicas e físicas entre alunos que fizeram uso individual de computadores e alunos que assistiram à animação demonstrada pelo professor em um computador único. De acordo com a pesquisa, a possibilidade de os próprios alunos explorarem a ferramenta de visualização, em vez de somente acompanharem o seu uso pelo professor, leva ao melhor entendimento dos conceitos abordados. Nesse caso, especificamente, havia condições para que parte dos alunos trabalhasse individualmente, o que pode não ter acontecido em outros trabalhos.

Na sala de aula, a presença desses recursos permitiria aos alunos interagirem entre si à medida que se engajam nas atividades propostas pelo professor, criando, segundo essa teoria, uma comunidade de práticas. Sendo assim, portanto, as representações visuais seriam úteis para

construir e comunicar conhecimento e serviriam para encorajar os alunos a formularem e avaliarem hipóteses, construir argumentos e conclusões (TERUYA *et al.*, 2013).

É esperada dos estudantes uma habilidade de compreender e manipular mentalmente as representações químicas, o que é crítico para a compreensão de conceitos e para a condução de pesquisas científicas (WU, 2003). Desse modo, é mais compreensível, também, o fato de que os grupos de discussão sejam menos adotados do que o trabalho individual, apesar de o trabalho em grupo ser a opção mais comum de metodologia (TERUYA *et al.*, *op. cit.*). Além disso, o conhecimento prévio dos alunos influencia a interação entre eles nas atividades em grupo (LIU; ANDRE; GREENBOWE, 2008). No estudo em que foi proposta a resolução de um problema de eletroquímica, utilizando simulação computacional, as duplas de alunos com menor conhecimento prévio sobre o assunto apresentaram interações menos significativas enquanto resolviam o problema do que as duplas com maior conhecimento prévio ou as duplas mistas, em que os integrantes possuíam níveis diferentes de conhecimento prévio.

### **1.3 Da mente para a linguagem**

A quase totalidade de trabalhos que realizam estudos sobre o papel das representações químicas no Ensino Superior em Química busca alicerçar suas bases teóricas na concepção de Modelos Mentais (GIBIN, 2015; GIBIN; FERREIRA, 2010; JUSTI; GILBERT, 2002). Essa é uma importante concepção presente na Educação em Ciências e que está em consonância teórica com o construtivismo piagetiano, no sentido em que se apoia em pressupostos da Psicologia Cognitiva.

Segundo Laburú e da Silva (2016),

As representações mentais permitem olhar o objeto na ausência total de significantes perceptíveis, portanto, são produções internas ao sujeito e não comunicáveis diretamente a outra pessoa. Cobrem além das imagens mentais, os conceitos, noções, ideias, crenças, fantasias, valores que um indivíduo compartilha com seu meio, grupo particular ou com seus próprios desejos. Quanto às representações semióticas, elas permitem “uma olhada do objeto” pela percepção de estímulos (formas, pontos, traços, caracteres, sons, objetos...), tendo valor de significantes como figuras, esquemas, gráficos, expressões simbólicas e linguísticas etc., tal que seus sinais têm função de transmitir mensagens. Diferenciam-se por serem produções externas, portanto, passíveis de serem comunicadas e obedecem a um sistema de regras que autorizam suas associações (LABURÚ; DA SILVA, 2016, p. 12).

Em nossa pesquisa, no entanto, partimos de outro pressuposto teórico. Em trabalhos anteriores (GOIS, 2012; GOIS, 2017) observamos que é possível entender a elaboração de significados a partir do uso da linguagem, sem depender dos pressupostos comuns de significado na Educação em Ciências, no caso, as estruturas lógicas mentais. De acordo com Gois (2017), é importante incluir na significação as ações e falas dos participantes das atividades de ensino e observá-las como um todo. O autor destaca a “importância do exercício da fala no desenvolvimento da atividade mental verbalizada” (GOIS, 2017, p. 56)

De fato, a importância da linguagem no Ensino de Ciências tem se tornado cada vez mais evidente, e outros subsídios teóricos presentes no Ensino de Ciências já apontam essa direção, como os estudos socioculturais.

No capítulo a seguir descrevemos os pilares desses pressupostos, que nortearão nossa investigação nesse trabalho.

## **2 A TEORIA DA AÇÃO MEDIADA DE JAMES WERTSCH**

James Wertsch, psicólogo norte-americano, em seu livro *Mind as Action* (1998), propõe a *Teoria da Ação Mediada*. Neste capítulo, trataremos das principais características dessa teoria, que nos auxiliarão na análise do nosso problema de pesquisa. Assim, iniciaremos com um breve histórico dos motivos que levaram Wertsch a escrever seu livro, seguindo para a sua concepção do que seria a análise sociocultural e quais seus objetivos e, finalmente, elencaremos as propriedades da ação mediada que, entre as propostas por Wertsch, acreditamos serem as mais relevantes para nosso trabalho.

Wertsch realizou seu pós-doutorado em Moscou, com A. R. Lúria, A. N. Leontiev e V. P. Zinchenko, colaboradores de Vigotski. Interessado em saber o que acontecia na União Soviética, especialmente na tradição de Vigotski, abordou essa tarefa na perspectiva em que tinha sido socializado nos Estados Unidos. Depois de alguns meses na Rússia, passou a duvidar dessa interpretação, quando começou a ter cada vez menos sucesso em suas tentativas de assimilar as ideias que encontrou em Moscou com o quadro teórico trazido consigo dos Estados Unidos. O insucesso não era decorrente da dificuldade na língua russa, e sim devido aos padrões de pensamento que constituíam o que poderia ser denominado “a linguagem social de uma abordagem vigotskiana” (WERTSCH, 1998, p. 11).

Os problemas que se consideravam interessantes na Rússia eram sensivelmente diferentes daqueles considerados interessantes nos Estados Unidos. Toda forma de falar e pensar sobre os problemas, isto é, a linguagem social vigotskiana era nova para Wertsch e foi necessário tempo para reconhecê-la e dominá-la. Durante um ano ele permaneceu em Moscou e, caso ficasse menos tempo, certamente teria voltado para os Estados Unidos com suas perspectivas teóricas iniciais intactas. Sua perspectiva teórica mudou e tal fato é um exemplo de como uma perspectiva hegemônica e bem enraizada pode se beneficiar pela incorporação de uma nova voz no discurso.

### **2.1 A tarefa da análise sociocultural**

Giordan (2008), ao tratar dos estudos socioculturais, observa que Vigotski e Bakhtin, cada um em sua respectiva área, criticam alguns enfoques teóricos e metodológicos que apresentam, em comum, o fato de analisar seus objetos de estudo por meio de uma perspectiva divorciada da realidade, sem considerar a mediação dos signos como elemento que estabelece

a ligação entre o plano social e o plano interno. Wertsch (1998), leitor de Vigotski e Bakhtin, afirma que:

A análise sociocultural encarrega-se de compreender como se relaciona o funcionamento da mente com o contexto cultural, institucional e histórico. Há, entretanto, crescente insatisfação com as análises que limitam o enfoque a algum aspecto em particular, já que a realidade é complexa e multifacetada e teimamos em analisá-la a partir de uma única perspectiva (WERTSCH, 1998, p. 19).

Wertsch utiliza como exemplo a história de três homens cegos que tentam decifrar o que é um elefante. A antiga fábula indiana, retirada do trabalho de Adell (2010), entretanto, diz respeito à presença de seis homens cegos, como se lê a seguir:

Era uma vez seis cegos que viviam em uma vila na Índia. Um dia os moradores do local disseram aos cegos: - Um elefante chegou hoje na cidade. Os cegos não tinham ideia do que era um elefante. Pensaram e decidiram: - Embora não possamos ver o que é um elefante, podemos senti-lo. E assim, foram até o local onde estava o animal. Ao chegarem lá, cada um tocou no elefante. O primeiro homem apalpou a barriga do elefante e disse: - O elefante é como uma parede. Ao que o segundo cego retrucou, ao tocar em sua presa: - Não, o elefante é pontudo como uma lança. O terceiro afirmou ao pegar em sua tromba: - O elefante é como uma cobra. - Vocês estão todos errados, disse o quarto homem ao tocar a perna. O elefante é como uma árvore. O quinto cego, que por acaso tocou as orelhas do animal, declarou: - Mesmo o mais cego dos homens, perceberia que o elefante é como um leque. O sexto homem ao agarrar o rabo que balançava, retorquiu: - O elefante é como uma corda. Nesse caso, o elefante não permite uma síntese imediata, por ser muito grande. Cada cego tenta definir, com a linguagem que conhece, o animal. Porém, suas percepções sensoriais os guiam a interpretações enganosas (ADELL, 2010, p. 90).

Nenhuma dessas ideias é completamente falsa. Cada uma dessas análises oferece uma imagem parcial, desconectada das outras. Embora muitos benefícios importantes derivem da especialização, ela também produz o que Burke (1969) chama de “janelas terminológicas”, que obstruem, bloqueiam nossa visão dos fenômenos em toda sua complexidade, provocando fragmentação e isolamento. Uma consequência decorrente dessa fragmentação é que as ciências humanas são incapazes de oferecer interpretações úteis dos problemas do mundo real da sociedade contemporânea.

A noção de janelas terminológicas, *pantallas terminológicas* em espanhol e *terministic screens* em inglês, é exposta por Burke (1966) no capítulo 3 de seu livro *Linguagem como ação simbólica*. É diretamente relacionada com sua noção pragmática de linguagem e significado

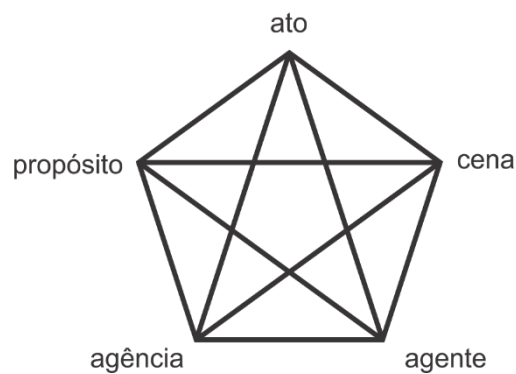


como modalidade de ação, em vez de representação – o que ele chama de *teoria dramática da linguagem*, do *drama* no sentido de *ação* (GARCIA LANDA, 2011).

O ponto de partida do modelo dramático proposto por Burke consiste em considerar a *ação humana* como fenômeno básico de análise. Dessa forma, o entendimento da aprendizagem é observado a partir da ação humana, fenômeno de análise fundamental. A abordagem de Burke para a ação humana traz como pressuposto o fato de que ela só pode ser entendida adequadamente com o auxílio de múltiplas perspectivas e por meio do exame das tensões dialéticas que existem entre as perspectivas. Essa tentativa de Burke de se esquivar das limitações e até mesmo da arrogância de tais perspectivas únicas se concentra na definição do *pentagrama* e seu papel no foco dramático da ação humana e de seus motivos (WERTSCH, 1998).

O pentagrama de Burke é composto por cinco termos como princípios geradores da investigação da ação humana: 1 – *ato*: o que ocorreu no pensamento e na ação; 2 – *cena*: o pano de fundo do ato, onde e quando aconteceu; 3 – *agente*: quem realizou; 4 – *agência*: que meios instrumentais utilizou; e 5 – *propósito*: por que fez isso. Esses elementos são representados na Figura 2, a seguir.

**Figura 2** – O pentagrama de Burke com os elementos que compõem a ação humana.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior contribuição potencial de Burke aos estudos socioculturais encontra-se no desenvolvimento de um método. Burke (1966) considera que o pentagrama é uma ferramenta para realizar investigações sobre a ação humana e seus motivos. É pouco provável que uma perspectiva isolada possa proporcionar uma avaliação adequada da ação humana da maneira como o pentagrama possibilita, como argumenta Wertsch no trecho a seguir:

Muitas das ideias do autor sobre a ação humana e seus motivos aparecem nos escritos de outros autores das ciências humanas e, na maioria dos casos, isso não é devido à sua influência direta. Por exemplo, muitos pesquisadores começam sua análise dos fenômenos humanos da perspectiva de alguns dos elementos do pentagrama e, nesse sentido, pode-se considerar que compartilhem a percepção de Burke.

No entanto, o fato de que pesquisadores usem frequentemente algum elemento do pentagrama é precisamente o problema de sua perspectiva: Burke vê como uma consequência do uso de janelas terminológicas únicas, que resultam em imagens *hipersocializadas*, *hiperbiologizadas*, *hiperpsicologizadas*, *hiperfísicalizadas* ou *hiperpoetizadas* de ação humana e de seus motivos (WERTSCH, 1998, p. 37-38).

Assim, a primeira coisa que se deve reter nos escritos de Burke não é o fato de que as ciências humanas devam formular as questões na perspectiva de um elemento do pentagrama ou outro, mas que é essencial *coordenar* as perspectivas fornecidas por esses elementos de alguma forma. O problema maior que se enfrenta é, então, como “viver no meio” de várias perspectivas analíticas diferentes (WERTSCH, 1998).

No livro *Mind as Action*, Wertsch (op. cit.) propõe uma maneira de “viver no meio”. A abordagem específica que o autor adota envolve a *ação mediada* como uma unidade de análise. Nos termos de Burke (1966), isso implica numa versão da dialética entre o *agente* e a *instrumentalidade* ou *agência*. Wertsch (op. cit.) opta por focalizar a relação fornecida por esses dois elementos do pentagrama de Burke por acreditar que uma grande parte do que fazemos nos assuntos humanos é estreitamente focada no *agente* isolado e que uma maneira de superar isso pode ser reconhecendo o papel desempenhado pelos *meios mediacionais* ou *ferramentas culturais* (termos que Wertsch usa como sinônimos) na ação humana.

Dessa forma, para Wertsch:

A ideia é de que os esforços analíticos que buscam dar conta da ação humana realçando o agente individual estão severamente limitados, senão extraviados. Uma das tarefas da análise sociocultural está, então, em encontrar a forma de evitar as armadilhas e os perigos ocultos em semelhante reducionismo individualista. Considerar a ação mediada como unidade de análise proporciona um meio para fazer precisamente isso.

A tarefa da análise sociocultural consiste em compreender como se relaciona o funcionamento psíquico com o contexto cultural, institucional e histórico. Essa afirmação pode ser reformulada do seguinte modo: a tarefa de um enfoque sociocultural consiste em explicar e expor as *relações* entre a *ação humana*, por um lado, e os *contextos culturais*, *institucionais* e *históricos* em que essa ação ocorre, por outro (WERTSCH, 1998, p. 46).

## 2.2 Propriedades da ação mediada

Vimos que o foco adequado da análise sociocultural é a ação humana. Essa ação pode ser tanto externa quanto interna, realizada por grupos, sejam pequenos ou grandes, ou por indivíduos. Para muitos pesquisadores, existe um paralelismo entre a ação realizada nos planos social e individual e nos planos externo e interno, respectivamente. O fato de que a noção de ação não somente está ligada a processos sociais ou individuais significa que as análises baseadas nessa construção não estão limitadas intrinsecamente por polos opostos, com o indivíduo de um lado e a sociedade do outro. Segundo Pereira e Ostermann (2012), é importante destacar o fato de que dar primazia analítica à ação humana não significa explicar o que ocorre “dentro da cabeça” do indivíduo enquanto o mesmo realiza a ação. Isto não significa que a ação não possua uma dimensão psicológica individual. De fato, ela possui, mas devemos pensar nessa dimensão como um *momento* da ação mais do que como um *processo* ou uma *entidade independente* que existe de maneira isolada (WERTSCH, 1998).

A noção específica de ação com a qual Wertsch (op. cit.) lida é a *ação mediada*. Nos termos de Burke (1966), isso implica focar nos *agentes* e suas *ferramentas culturais*, as mediadoras da ação. Esse enfoque se ocupa menos de outros elementos do pentagrama, como a *cena* e o *propósito*, mas considera que é válido dar à relação entre *agente* e *instrumento* uma posição privilegiada na investigação sociocultural. Entre as razões para privilegiar a relação *agente* e *instrumento*, Wertsch (op. cit.) destaca três:

Primeiramente, privilegiar a relação *agente* e *instrumento* é uma maneira mais direta de superar as limitações levantadas pelo individualismo metodológico. Uma correta apreciação de como os modos de mediação ou ferramentas culturais estão envolvidos na ação nos força a ir mais além do agente individual para tentar entender as forças que configuram a ação humana.

Em segundo lugar, a análise da ação mediada, a do *agente agindo com ferramentas culturais*, oferece importantes ideias para a melhor compreensão dos outros elementos do pentagrama: a *cena*, o *propósito* e o *ato*. Isso se deve ao fato de que esses outros elementos geralmente ganham forma ou até mesmo são criados pela ação mediada. Isso não significa que se possa reduzir a análise desses outros elementos à ação mediada, mas a perspectiva sobre a ação mediada que oferece a relação *agente-instrumento* proporciona algumas ideias importantes sobre a natureza de outros elementos e relações da análise pentádica.

Por fim, proporciona um tipo de vínculo natural entre a ação – incluindo a ação psíquica – e os contextos culturais, institucionais e históricos em que essa ação ocorre. Isso se deve ao fato de que as ferramentas culturais estão intrinsecamente situadas no meio cultural, institucional e histórico. Por isso, mesmo que se concentre fundamentalmente no papel do agente individual na ação mediada, o fato de haver ferramentas culturais envolvidas implica que a

inserção sociocultural da ação sempre estará incorporada na análise (WERTSCH, 1998. p. 48-49).

Assim, quase toda ação humana é uma ação mediada. Wertsch (op. cit.) esboça um conjunto de dez afirmações básicas que caracterizam a ação mediada e as ferramentas culturais e as exemplifica. Entre elas, elencamos as utilizadas por nós neste trabalho:

- 1) A ação mediada caracteriza-se por uma tensão irreduzível entre o agente e os meios mediacionais, ou ferramentas culturais;
- 2) Os meios mediacionais são materiais;
- 3) Os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação;
- 4) Novos meios mediacionais transformam a ação mediada;
- 5) A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio;
- 6) A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista da apropriação.

Sigamos, agora, com o aprofundamento acerca de cada uma das afirmações, bem como a justificativa de termos as considerado relevantes para nossas discussões.

### 2.2.1 A ação mediada caracteriza-se por uma tensão irreduzível entre o agente e os meios mediacionais

A essência do estudo do agente e das ferramentas culturais na ação mediada é a análise de sua interação. Qualquer tentativa de reduzir a descrição da ação mediada a algum de seus elementos corre o risco de destruir o fenômeno em observação. Mas, às vezes, pode ser produtivo abstrair esses momentos, ou aspectos, como parte de uma estratégia analítica. Embora seja possível isolar um elemento para análise, devemos ter em vista que esses elementos são fenômenos que não existem independentemente da ação.

Um dos resultados de se concentrar na tensão irreduzível que existe entre o agente e os meios mediacionais é que as fronteiras entre esses dois elementos do pentagrama começam a se fundir. Por isso se faz necessário redefinir a própria ação de agente. “Em vez de considerar que um agente, de maneira isolada, é responsável pela ação, a definição adequada de agente pode ser algo como *o indivíduo que opera com meios mediacionais*” (WERTSCH, 1998, p. 52).

Como exemplo ilustrativo, Wertsch (1998) traz a tensão irreduzível existente na ação mediada proveniente da matemática. Consideremos o problema de multiplicação representado na Figura 3:

**Figura 3** – Exemplo de disposição dos números para a resolução de multiplicação.

$$\begin{array}{r} 343 \\ \times 822 \\ \hline \end{array}$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Se pedimos a um leitor para que solucione esse problema, provavelmente ele chegará à resposta 281.946. Se perguntarmos como ele chegou a essa solução, poderia responder que multiplicou 343 por 822 e mostrar seus cálculos, que, possivelmente, seriam parecidos com a Figura 4, a seguir:

**Figura 4** – Resolução da multiplicação.

$$\begin{array}{r} \phantom{0}^3 \phantom{0}^2 \\ 343 \\ \times 822 \\ \hline \phantom{0}^1 686 \\ \phantom{0}^1 686 + \\ \phantom{0}^1 2744 + \\ \hline 281946 \end{array}$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da perspectiva da ação mediada, pergunta-se: foi realmente o leitor, isto é, o *agente isolado*, quem resolveu o problema? A resposta do leitor foi “eu multipliquei 343 por 822”. Para ver as razões e a validade dessa pergunta, consideremos o que faríamos se nos fosse pedido que fizéssemos uma pequena mudança no procedimento, ou seja, o que o leitor faria se fosse pedido que fizesse a multiplicação de 343 por 822 sem utilizar o formato gráfico vertical (de um número sobre o outro) anteriormente empregado? A maior parte de nós não saberia resolver a multiplicação em outro formato. E, caso conseguíssemos, se fossem utilizados números ainda maiores, seria praticamente impossível resolvermos sem nos basearmos no procedimento de colocar um número sobre o outro. Foi realmente o *agente sozinho* quem resolveu o problema?

Se sim, por que é tão difícil resolver o mesmo problema quando nos é pedido que façamos com outra disposição gráfica?

A resposta a tais perguntas está claramente no fato de que há um meio mediacional específico envolvido, um meio mediacional que tem certos recursos que nos permitem resolver o problema. Sem os recursos proporcionados por esta ferramenta cultural (o algoritmo para a multiplicação), seria muito difícil resolver problemas complexos de multiplicação.

Da perspectiva da ação mediada, isso significa que a organização espacial dos números é, nesse caso, parte essencial de uma ferramenta cultural sem a qual não podemos resolver esse problema. Em um sentido importante, então, essa organização espacial realiza parte do pensamento. Assim, a resposta mais adequada para a pergunta “quem resolveu o problema?” seria “*eu com a ferramenta cultural que utilizei*”.

Assim, qualquer forma de ação resulta muito difícil, senão impossível, de se realizar se nela não estiver envolvida uma poderosa ferramenta cultural e um usuário habilidoso no seu manuseio. A natureza da ferramenta cultural e o uso específico que os agentes fazem dela podem variar consideravelmente. Ainda assim, ambas as partes são necessárias para a compreensão humana (PEREIRA, OSTERMANN, 2012). Nas palavras de Wertsch:

A ação mediada se define, portanto, por uma tensão irreduzível entre agente e meios mediacionais ou agente e ferramenta cultural. Porém, não devemos considerar que as ferramentas culturais determinem a ação de um modo específico e mecânico. Na realidade, as ferramentas culturais são incapazes de fazer algo por si só. Apenas podem ter efeito quando são utilizadas por um agente (WERTSCH, 1998, p. 57-58).

A primeira afirmação de Wertsch (op. cit.) a respeito das características da ação mediada e das ferramentas culturais norteia nosso trabalho. A escolha da metodologia, detalhada no próximo capítulo, é extremamente dependente desta primeira afirmação e da tensão irreduzível entre agente e ferramenta cultural. Assim, quando optamos por fazer gravações de áudio e vídeo durante a resolução de atividades com o uso de objetos moleculares comerciais, o fazemos porque entendemos que a riqueza dos dados está na análise do *processo* por qual os alunos passam durante a realização do exercício. Caso analisássemos apenas as folhas de respostas, entregues ao final da aula, e, a partir dessa análise elaborássemos conclusões, certamente elas seriam fundamentalmente diferentes das conclusões obtidas quando analisamos todo o processo de resolução da atividade proposta e como a ferramenta cultural, no caso o objeto molecular comercial, auxilia ou não a resolução.

### 2.2.2 Os meios mediacionais são materiais

Ao esboçar sua descrição de mediação, Vigotski foca na linguagem, mas reconhece, também, outros fenômenos mediados. Entre os signos e os sistemas de signos que menciona estão a linguagem, os diversos sistemas para contar, as técnicas mnemônicas, os sistemas de símbolos algébricos, as obras de arte, a escrita, os gráficos, diagramas, mapas e desenhos técnicos e toda classe de signos convencionais. Itens como os mapas e os desenhos técnicos têm uma materialidade evidente, já que são objetos físicos que se pode tocar e manipular. Além disso, podem seguir existindo no tempo e no espaço e como objeto físico mesmo quando não estão incorporados ao fluxo da ação. Esses aspectos da materialidade geralmente associam-se com a palavra artefato, no sentido de artefatos históricos que continuam existindo depois que os humanos que os utilizaram desapareceram, os quais seriam artefatos primários (WERTSCH, 1998).

Em alguns casos, os meios mediacionais não têm o mesmo tipo de materialidade que os artefatos primários originais. O caso mais relevante de uma ferramenta cultural aparentemente imaterial é a da linguagem falada. De fato, é mais fácil reconhecer a materialidade dos objetos de linguagem escrita que ainda existem mesmo quando não são utilizados como modos de mediação (como um texto de livro guardado na estante) do que compreender a materialidade da linguagem falada (PEREIRA, OSTERMANN, 2012). De acordo com Wertsch:

Ao contrário do que geralmente acontece com a linguagem escrita, a materialidade da linguagem falada parece desaparecer logo após sua produção, exceto nos raros casos em que é gravada. No entanto, a materialidade é uma propriedade de qualquer modo de mediação. O fato de que os signos (acústicos) da linguagem falada aparecem apenas momentaneamente pode tornar mais difícil perceber a dimensão material dessa ferramenta cultural, mas essa não é a razão pela qual essa dimensão será menos real. Dessa forma, não se faz necessário utilizar expressões como *meios mediacionais materiais* ou *ferramentas culturais materiais*, uma vez que o termo *materiais* pode ser considerado, de qualquer maneira, implicitamente presente em todos os casos (WERTSCH, 1998, p. 59).

Na perspectiva que Wertsch (op. cit.) propõe, o uso de objetos materiais como ferramentas culturais resulta em mudanças no agente. O autor salienta que as propriedades materiais externas das ferramentas culturais têm implicações importantes para a compreensão de como os processos internos chegam a existir e a operar. Tais processos podem ser considerados habilidades no uso de modos específicos de mediação. O desenvolvimento dessas habilidades exige atuar com – e reagir a – as propriedades materiais das ferramentas culturais.

Sem essa materialidade, não haveria nada para agir ou reagir e as habilidades socioculturalmente situadas não poderiam existir.

A noção de *habilidade* tratada, neste caso, é semelhante à envolvida em ciclismo em vez dos processos psíquicos abstratos e aparentemente imateriais que a psicologia geralmente imagina. Alguém se torna um especialista com a bicicleta e o ciclismo quando interage com o objeto material o tempo suficiente para dominar os desafios apresentados por esse objeto em particular. A natureza dessa habilidade não precisa ser entendida de maneira muito profunda. Uma vez que alguém adquira eficiência suficiente para andar de bicicleta, não estará mais limitado a conduzir essa única bicicleta. Mas, por outro lado, desenvolver as habilidades necessárias para andar em uma bicicleta ou bicicletas em geral não parece encorajar habilidades para realizar outras formas de ação com outros objetos materiais.

A característica da materialidade das ferramentas culturais aparece em nossa pesquisa tanto quando se utilizam os objetos moleculares comerciais, às vezes também mediados pelas representações escritas no papel, e na linguagem verbal dos alunos-foco. Até aqui percebemos que as funções mentais superiores e a ação humana em geral são mediadas por ferramentas técnicas e ferramentas psicológicas, ou ferramentas culturais na concepção da ação mediada de Wertsch (1998). A partir disso, as ações humanas, sejam elas externas – entre indivíduos – ou internas – no plano mental – são mediadas por ferramentas culturais que estruturam as ações e as determinam.

Quando se trata da organização do ensino, a fala pode ser entendida como a principal mediadora das atividades da sala de aula. A execução das atividades, exposição de ideias, apresentação do plano de aulas, entre outras, são possibilitadas por meio da fala do professor. Ela é o principal instrumento de organização das atividades de ensino, não somente por as mediar, mas, essencialmente, por servir de suporte à construção do pensamento, constituindo-se como principal ferramenta para organizar e conceber as atividades de ensino (GIORDAN, 2008).

A partir dos estudos literários e linguísticos de Bakhtin (1981), Wertsch (op. cit.) utiliza a ideia de dialogia, que faz parte de um dispositivo analítico para estudar a ação mediada, e, também, a ideia de apropriação, referente ao processo de tomar algo de outro e torná-lo seu, próprio. “No sistema de Bakhtin, todos nós somos estranhos uns aos outros. Ser estranho torna o diálogo possível” (WERTSCH, 1998, p. 53-54).

Para Bakhtin a interação verbal com o outro é fundamental na constituição dos significados. A linguagem em meio à necessária e sempre presente tensão entre o próprio e o estranho, na fronteira entre o eu e o outro. Nessa concepção, o pensamento verbalizado tem



origem social, e não interna, individual ou puramente biológica, e passa obrigatoriamente pelo exercício da fala numa comunidade. Dessa forma, atividades de ensino que envolvam o exercício coletivo e individual da fala sobre os assuntos que se deseja ensinar provavelmente contribuirão para uma melhor aprendizagem (GIORDAN, 2008).

Neste trabalho, acreditamos que a observação das ações e da fala durante o aprendizado de estudantes com o uso de representações químicas pode oferecer subsídios para uma compreensão sobre como ocorre a elaboração de significados na sala de aula de Química.

### 2.2.3 Os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação

A maioria dos estudos sobre mediação a considera do ponto de vista de como ela possibilita ou favorece a ação. Por exemplo, Vigotski (1994) entende o desenvolvimento da linguagem na ontogênese fundamentalmente na perspectiva de como oferece novas possibilidades para a consciência humana. Não há dúvida de que tal abordagem de como os modos de mediação permitem a ação é importante quando se trata de entender a ação e as transformações que ela sofre; mas, se nos concentrarmos exclusivamente nos tipos de poder que as ferramentas culturais fornecem, só obteremos uma imagem parcial e ignoraremos um lado oposto, embora igualmente inerente, característico dos modos de mediação: restringir ou limitar as formas de ação que realizamos.

Ao tentar desenvolver novas ferramentas culturais, o foco, naturalmente, tende a ser colocado em como superar um certo problema exibido ou uma restrição inerente nas formas existentes de ação mediada. Mas, um dos pontos inevitáveis para a perspectiva da ação mediada que Wertsch (1998) propõe, é que, mesmo se uma nova ferramenta cultural nos libertar de uma limitação anterior, ela introduz novas limitações, que lhe são próprias. O autor aponta que alguns teóricos enfatizam as restrições impostas pelos modos de mediação, enquanto outros preferem enfatizar os recursos que eles oferecem.

Pode-se dizer que os autores que examinaram questões relacionadas à ação mediada frequentemente se enquadram em um dos dois grupos básicos, uma vez que adotam uma perspectiva “meio cheia” ou “meio vazia” (WERTSCH, op. cit., p. 71). Aqueles que abordam a mediação a partir de uma perspectiva “meio cheia” concentram-se no que modos de mediação nos possibilitam; aqueles que se aproximam da mediação pela perspectiva “meio vazia”, centram-se nas restrições impostas pela mediação.

Wertsch (1998) sugere que Vigotski pertence ao grupo da perspectiva da mediação “meio cheia”. Em seus escritos, ele tende a enfatizar o potencial possibilitador dos modos de

mediação, especialmente a linguagem. Ao operar a partir dessa perspectiva, Vigotski interpreta as diferentes formas de ação mediada como níveis de desenvolvimento para um resultado ideal do pensamento abstrato. É por isso que ele fala de *descontextualização* e argumenta que os conceitos abstratos oferecem perspectivas novas e mais poderosas sobre a realidade do que a maioria das formas de pensamento mais contextualizadas. Ao fazer essa afirmação, Vigotski parece concordar com a ideia de que formas mais elevadas de descontextualização também impõem novas restrições ao nosso pensamento, mas seu destaque é claramente colocado nos níveis de poder que elas fornecem.

Burke (1966) representa a perspectiva da mediação “meio vazia” e, nesse sentido, oferece um contraste interessante com Vigotski. Assim como Vigotski, Burke (op. cit.) também destaca o poder da linguagem para moldar o pensamento humano e outras formas de ação em seus escritos. Além disso, também como Vigotski, reconhece o poder da linguagem como uma ferramenta cultural para permitir a ação humana de maneiras essenciais. Por exemplo, em sua definição do *ator humano*, Burke (op. cit.) afirma que ferramentas linguísticas, como negações, oferecem recursos únicos para a ação humana.

No entanto, um problema fundamental que atravessa os escritos de Burke é que a linguagem nos impõe restrições poderosas quando tentamos entender o mundo e agir sobre isso. Por exemplo, ao escrever sobre a linguagem como ação, Burke (op. cit.) enfatiza as janelas terminológicas, que ele diz trabalhar de maneira semelhante aos filtros usados na fotografia. A essência desta noção é que a cultura e a linguagem não só abrem portas para as experiências, mas também constituem uma prisão que as restringe e dificulta. Essa perspectiva coloca uma forte ênfase na ideia de que qualquer tentativa de entender ou agir sobre a realidade é inerentemente limitada pelos modos de mediação que necessariamente empregaremos.

Independentemente de um teórico pertencer ao grupo da perspectiva “meio cheia” ou da “meio vazia” em relação à mediação, as restrições impostas por ferramentas culturais são, geralmente, reconhecidas apenas em retrospectiva, por meio de um processo de comparação a partir da perspectiva atual. Somente com a aparência de novas formas de mediação, reconhecemos as limitações das anteriores.

Para observar a importância desse ponto, consideremos o seguinte:

Na década de 1960, para projetar um novo tipo de avião, talvez fossem necessárias dezenas de artistas trabalhando por meses ou mesmo anos com régua de cálculo, equipamentos de desenho técnico e outras ferramentas culturais similares. No presente, a mesma tarefa pode ser feita em muito menos tempo, por um único operador de computador. Na época das régua de cálculo, as reflexões sobre as restrições dessa ferramenta cultural costumavam

se concentrar em seus materiais de construção (aço, bambu ou plástico). Essas reflexões se preocupavam com as diferentes taxas de expansão e contração desses materiais e como eles afetavam os cálculos baseados na soma de logaritmos. Somente quando os poderosos computadores digitais apareceram é que começaram a considerar que esse tipo de reflexão retratava uma ilusão de perspectiva. É provável que vivamos de forma bastante irreflexiva, com uma ilusão criada pela perspectiva, até que alguma mudança chegue para desafiá-la com uma nova ilusão (WERTSCH, 1998, p. 75-76).

Os exemplos analisados podem ser considerados exemplos de recursos positivos e negativos relacionados ao progresso tecnológico. Nesses casos, o progresso tecnológico deu origem a ferramentas culturais com recursos claramente superiores aos oferecidos por outras ferramentas anteriores. O fato de que praticamente ninguém use as réguas de cálculo é um claro reflexo disso. Mas, em muitos casos, o motivo de usar uma ferramenta cultural não está tão obviamente relacionado com níveis mais altos de desempenho. O uso de um modo particular de mediação geralmente depende de outros fatores, relacionados ao histórico e ao poder e autoridade cultural ou institucional. Desse modo, é essencial reconhecer o papel desempenhado pelos modos de mediação na configuração da ação humana (WERTSCH, 1998).

A afirmação acerca das possibilidades e das restrições impostas pelas ferramentas culturais nos é interessante, também, pois, ao utilizar o objeto molecular comercial, o estudante pode se deparar com limitações próprias dos objetos plásticos utilizados como modelos moleculares. Essas restrições podem ser observadas, por exemplo, na limitação que o modelo plástico pode causar na concepção que os alunos têm a respeito das moléculas, por representarem átomos como esferas de cores diferentes e tamanhos não tão diferentes assim, ou por utilizar bastões para representar ligações químicas, o que pode provocar a mesma concepção aos graduandos, ao supor que simples ligações são retas e duplas ligações são curvas, assim como são os bastões materiais que as representam.

Interessante notar que, sem o uso do modelo concreto, ao utilizar uma ferramenta cultural que tem como suporte as representações químicas bidimensionais escritas no papel, também há um tipo de limitação relacionado à espacialidade, e, na maioria das vezes, os alunos buscam por algum suporte material que esteja em sua proximidade, tais como canetas, lapiseiras ou lápis, que encontram como alternativa para resolver as atividades, o que chamaremos mais adiante de *demanda por tridimensionalidade*.

#### 2.2.4 Novos meios mediacionais transformam a ação mediada

A afirmação presente no título desta subseção refere-se a como a introdução de novas ferramentas culturais transforma a ação. Isso não significa que a única maneira de introduzir mudanças seja por meio de novas ferramentas culturais. Muitas vezes, as mudanças são produzidas por uma variação nos níveis de habilidade ou outros fatos relacionados ao agente, mas a dinâmica de mudança que provoca a introdução de novas ferramentas culturais na ação mediada geralmente é muito poderosa e pode passar despercebida.

A importância de reconhecer como transformar a ação mediada por meio de novas ferramentas culturais é muito evidente em Vigotski e constitui um pressuposto básico em grande parte do que ele escreveu. Vigotski (1994) afirma que, ao ser incluído no processo de comportamento, a ferramenta psicológica (signo) altera todo o fluxo e estrutura de um novo ato instrumental, da mesma forma que uma ferramenta técnica altera o processo de adaptação natural ao determinar a forma de operações de trabalho.

Uma maneira de entender as várias maneiras pelas quais a introdução de uma nova ferramenta cultural altera todo o fluxo e a estrutura da ação mediada é considerar o que acontece nos diferentes domínios genéticos da filogênese<sup>1</sup> e ontogênese<sup>2</sup>. Por exemplo, pode-se pensar nas transformações que ocorrem na ontogênese quando as crianças enfrentam novas ferramentas culturais, como textos escritos e sistemas de números ou pode-se focar no surgimento e influência que pode ser alcançado na história sociocultural, um novo modo de mediação em que as forças de industrialização e desenvolvimento tecnológico entram em jogo, como aconteceu com os processos sociais e psicológicos quando apareciam computadores modernos.

Na perspectiva de Wertsch (1998), não importa qual seja o caso peculiar do domínio genético em questão, a introdução de um novo meio mediacional cria uma espécie de desproporção na organização sistêmica da ação mediada que desencadeia mudanças em outros elementos (como o agente) e na ação medida em geral. Em alguns casos, surge uma forma de ação mediada completamente nova.

Problemas semelhantes surgem quando se considera o exemplo de multiplicação discutido anteriormente. Seria raro que alguém discuta hoje que é injusto avaliar nossas

---

<sup>1</sup> A filogênese estuda a história da evolução humana, nomeadamente a constituição dos seres humanos como sujeitos cognitivos.

<sup>2</sup> A ontogênese investiga o desenvolvimento do indivíduo de forma global, as modificações e adaptações que desde o nascimento ocorre em todos os seres vivos.

habilidades de multiplicação se usarmos algarismos arábicos. Dado o uso quase universal desse sistema de numeração, ninguém esperaria que demonstrássemos nossas habilidades usando números romanos, por exemplo. No entanto, surgiu uma controvérsia importante em relação a outra ferramenta cultural que se tornou comum em nossa vida cotidiana hoje: a calculadora e se o seu uso para fazer uma multiplicação pode ser considerado um caso legítimo de multiplicação.

Essa controvérsia surge nas discussões sobre o que as habilidades matemáticas devem ser ensinadas às crianças na escola. Na era das calculadoras, elas deveriam ser obrigadas a demonstrar sua capacidade de usar uma ferramenta cultural antiga ou deveriam ser encorajadas a tornarem-se eficientes no uso de uma nova? Mais uma vez, esse debate tem dois lados e não existe uma solução óbvia. Em certos sentidos, a ação pode ser a mesma, mas a organização sistêmica do agente com a ferramenta cultural acaba sendo muito diferente; na verdade, pode tornar-se tão diferente que, em alguns casos, surge a controvérsia sobre se a ação que está sendo executada é a mesma (WERTSCH, 1998, p. 81-82).

Em nosso trabalho queremos verificar como alunos resolvendo exercícios de Química que necessitem de conhecimentos sobre a tridimensionalidade das moléculas implicará na transformação da ação mediada.

#### 2.2.5 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio

Ao analisar a materialidade dos modos de mediação, Wertsch (1998) menciona a questão das habilidades necessárias em um agente para usar essas ferramentas. Sua ideia era a de que essas habilidades surgissem por meio do uso dos meios mediacionais. Nesta perspectiva, a ênfase recai sobre como o uso de ferramentas culturais específicas leva ao desenvolvimento de habilidades específicas e não a habilidades gerais. Isso não significa que não existam aptidões ou habilidades gerais que distingam um indivíduo de outro, mas que não se deve confundir a facilidade de usar um conjunto específico de ferramentas culturais com algum tipo de aptidão ou inteligência geral.

Muitos estudos de psicologia intercultural são suscetíveis a esse tipo de crítica, como afirma Wertsch no trecho a seguir:

Há uma tendência entre pesquisadores ocidentais pedirem a sujeitos iletrados para que executem tarefas que, basicamente, refletem as suas competências de

alfabetização e, desse modo, os pesquisadores interpretam o mau desempenho destas pessoas como um sinal de sua baixa inteligência geral. Em tais casos, não há dúvida de que analfabetos agem de maneira diferente e geralmente pior do que os alfabetizados nessas tarefas específicas. Mas, quando são empregadas outras ferramentas culturais com as quais os analfabetos são familiarizados, muitas vezes os resultados são o oposto.

Portanto, essa tendência de interpretar as diferenças no desempenho de tarefas específicas (por exemplo, tarefas que exigem o uso de ferramentas culturais com as quais os sujeitos não são familiarizados) como se fossem diferenças nas habilidades de raciocínio geral e em inteligência, pode ser equivocada. Em princípio, é possível que os diferentes grupos difiram em algo que poderia ser considerado como inteligência geral, mas é possível que não seja isso o que estava sendo avaliado e que talvez esses estudos estivessem realmente examinando as diferenças entre grupos para usar ferramentas culturais específicas (WERTSCH, 1998, p. 83).

As análises de como os indivíduos dominam as ferramentas culturais na ontogênese são muitas vezes formuladas na perspectiva da *internalização*. Como Wertsch (1998) indica, esse termo pode levar à confusão. O termo nos incentiva a nos envolvermos na busca de regras e conceitos *internos*, bem como de outras entidades psíquicas bastante suspeitas. A ideia de *internalização* também sugere uma espécie de oposição entre processos internos e externos que leva muito facilmente a pensar sobre o tipo de dualismo corpo-mente que atormentou a Filosofia e a Psicologia por séculos.

No entanto, a palavra *internalização* é tão generalizada (tanto na fala cotidiana como no discurso profissional) que Wertsch (op. cit.) não tenta evitá-la ou substituí-la por outra, o que poderia ser interpretado como uma mera tentativa de substituir termos sem uma mudança concomitante no conceito. Portanto, o objetivo aqui é esclarecer o que o autor considera como dois dos significados viáveis do termo *internalização* quando aplicado à ação mediada.

As discussões sobre a internalização são muitas vezes bastante problemáticas, senão ineficazes, porque grupos diferentes pensam em fenômenos diferentes quando usam a palavra. Em vez de pensar sobre a *internalização* como um conceito que pode ser definido de forma abstrata e depois aplicado a exemplos concretos, é mais apropriado vê-lo como um termo cuja definição está intimamente ligada a fenômenos e exemplos específicos e que é, portanto, uma palavra que pode adotar interpretações variadas. Por exemplo, quando um piagetiano usa o termo *internalização*, ele pode estar pensando em ação sensorial-motora; em contrapartida, quando um freudiano o usa, ele pode se referir a fenômenos relacionados ao Ego e ao Superego. Em geral, diferentes grupos tomam amostras diferentes para entender a internalização, e o resultado é que pode haver tantos significados da palavra como há grupos na discussão. Como não compartilhamos os exemplos, não compartilhamos as explicações (WERTSCH, 1998, p. 85-87).

É por isso que é importante lembrar que essa análise da *internalização* está incorporada em uma análise da ação mediada. Portanto, os comentários abordam a internalização na medida em que ela seja aplicável ao uso de ferramentas culturais. Isso não significa que a *internalização* da ação mediada deva servir como paradigma em outros contextos em que essa palavra seja utilizada. A escolha de um paradigma depende do que se quer dizer e de como ele se encaixa em um quadro teórico maior. De qualquer forma, é claro que, a menos que se especifique o problema em que se pensa ao falar sobre internalização, as discussões serão, sem dúvida, frustrantes e infrutíferas. Limitar o estudo à internalização da ação mediada significa que se distingue a interpretação desta palavra de outras interpretações, em outros contextos. Assim, Wertsch (1998) considera que essa noção de *internalização*, que pode ser chamada de *domínio*, é aplicável praticamente a todos os casos de ação mediada. Ao falar de *domínio*, o autor se refere a *saber como* (*know how*) usar um modo de mediação com facilidade.

Os termos *domínio* ou *saber como* têm certas vantagens em relação à ideia mais ampla de *internalização*. Uma delas é que esses termos nos permitem evitar uma bagagem conceitual desnecessária que já está incorporada na palavra *internalização*. Muitas formas de ação mediada são (e, de fato, devem ser) realizadas externamente. Pode não ser necessariamente assim, mas a *internalização* sugere uma imagem em que os processos que já foram realizados em um plano externo agora são executados fora da vista, em algum tipo de plano interno. Esse tipo de imagem aparece numa análise de Vigotski sobre como a contagem é feita originalmente em um plano externo, com a ajuda de ferramentas materiais, como palitos ou dedos da mão, que então desaparecem, quando a atividade é internalizada.

É interessante notar que muitas (talvez a maioria) formas de ação mediada nunca “progridem” na direção de sua realização em um plano interno. Isso não significa que não haja dimensões internas importantes ou mudanças nas dimensões internas naqueles que realizam esses processos externos, mas que a metáfora da internalização é muito forte, pois implica algo que muitas vezes não acontece.

Em relação a isso, pensemos novamente no exemplo da condução de uma bicicleta. Não está claro o que pode significar falar sobre realizar essa forma de ação mediada em um nível interno. Na verdade, a pesquisa na ciência cognitiva contemporânea tem sido muito ocupada com processos que nunca se pensam internalizados. Observações semelhantes levam Wertsch (op. cit.) a preferir o uso das expressões *saber como* e *domínio* em vez da palavra *internalização*, como mostra o trecho a seguir:

Embora a ausência ou a parcialidade da internalização possa ser evidente em casos em que várias pessoas estão envolvidas usando meios externos de cognição e comunicação, ou em casos aparentemente não cognitivos, como a condução de uma bicicleta, também é característico de muitos casos (senão da maioria) de indivíduos que trabalham sozinhos em tarefas cognitivas.

A esse respeito, pensemos novamente no exemplo da multiplicação. Embora haja um agente envolvido, o modo de mediação contribui com grande parte do trabalho. O ambiente externo faz o seu trabalho permitindo simplificar o problema em uma série de tarefas de reconhecimento de padrões que podemos manipular facilmente. A maioria das pessoas nunca internaliza inteiramente o processo geral de usar os modos de mediação para resolver o problema de multiplicar 343 em 822. É por isso que, em vez de falar sobre *internalização*, seria mais apropriado falar de *domínio* de uma ferramenta cultural (WERTSCH, 1998, p. 89).

De fato, ao subverter a ideia de internalização proposta por Vigotski, Wertsch (1998) traz aspectos pragmáticos, os quais foram responsáveis por escolhermos este autor como fundamentação teórica. Embora as outras afirmações aqui tratadas sejam também importantes, este trabalho se configura em torno da sugestão proposta por Wertsch.

A começar pela metodologia utilizada na coleta de dados, nossa intenção é identificar e compreender como ocorre o domínio de determinadas ferramentas culturais por alunos do Ensino Superior. Em nossa pesquisa, que investiga a elaboração de significados, é de fundamental interesse avaliar o grau de domínio dos estudantes acerca de ferramentas culturais características da Química, porque, numa certa relação, a capacidade de elaborar significados pode estar diretamente relacionada ao domínio adquirido pelos alunos ao desempenharem tarefas específicas da Química.

#### 2.2.6 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista da apropriação

Além de se caracterizar pelo seu nível de *domínio*, a relação dos agentes com os meios mediacionais pode ser considerada, também, do ponto de vista da *apropriação*. Na maioria dos casos, os processos de *dominar* e de *se apropriar* de ferramentas culturais estão totalmente interligados, mas, como exemplificado aqui, não é necessário que isso sempre ocorra. Ambos os processos são analítica e, em alguns casos, empiricamente diferentes (WERTSCH, 1998).

O conceito de *apropriação* é derivado dos escritos de Bakhtin (1981). Como esse autor escreve em russo, vale a pena abrir um parêntese para analisar o termo que ele usa: *prisvoenie*. A raiz dessa palavra e seu verbo associado, *prisvoit'*, estão relacionados ao adjetivo possessivo *svoi*, que significa *próprio*. *Prisvoit'* significa trazer algo em si mesmo ou torná-lo próprio e o



substantivo *prisvoenie* significa o processo de fazer algo próprio. Entende-se que a *apropriação* é um processo de transformar algo que pertence aos outros, tornando-os próprios.

Para Bakhtin (op. cit.), a linguagem e as palavras são entendidas do ponto de vista dessa tensão necessária e permanecem entre *chuzhoi* (*alheio, outro*) e *svoi* (*próprio*). Desse ponto de vista, falar necessariamente implica um processo de apropriação das palavras de outras, tornando-as, pelo menos em parte, suas próprias.

Os comentários de Bakhtin sobre como as palavras podem “resistir” aos esforços dos oradores para apropriá-los apontam para um aspecto importante da apropriação: isso sempre implica resistência de algum tipo. Na terminologia mais geral usada, a ideia do autor implica em que os agentes não se apropriam com simplicidade e sem inconvenientes das ferramentas culturais. Pelo contrário, normalmente existe resistência e, entre os modos de mediação e o uso específico da ação mediada, há algo que poderia ser minimamente chamado de *atrito*. Como Bakhtin opõe-se fortemente a qualquer tipo de individualismo metodológico, ele tende a enfatizar a resistência colocada pelas ferramentas culturais e argumenta que “muitas palavras resistem obstinadamente” ou “colocam-se entre aspas apesar da vontade do falante” (BAKHTIN, op. cit, p. 293).

A existência de alguma forma de resistência ou *atrito* é, então, a regra e não a exceção. As palavras não são formadas de novo para refletir ou transmitir o que queremos dizer em uma ocasião peculiar. Pelo contrário, toda vez que falamos, devemos comprar um conjunto preexistente de termos e categorias linguísticas (WERTSCH, op. cit.). No caso do idioma, isso significa que se compra um conjunto de janelas terminológicas para conversar. Como Burke (1966) observa, isso não constitui uma espécie de erro padrão ou evitável. É impossível falar sem usar janelas terminológicas simplesmente porque é parte da condição humana quando se trata de falar e pensar.

Quando usamos as ferramentas culturais fornecidas pelo contexto sociocultural em que atuamos, geralmente não operamos por opção. Pelo contrário, apropriamos as janelas terminológicas, os recursos, as restrições e outras características associadas às ferramentas culturais que usamos.

Levado ao extremo, pode parecer que essa ideia de *apropriação* sugere que seus agentes são consumidores tolos e desamparados dos modos de mediação providos por suas esferas socioculturais. Uma perspectiva semântica reduz o papel do agente de tal forma que perde a visão da tensão irreduzível entre os agentes e as ferramentas culturais que são características da ação mediada. Bakhtin (1981) reconhece isso claramente e deixa espaço para o agente de várias maneiras.

Ao emprestar as palavras dos outros, Bakhtin vê essas palavras como algo apenas *parcialmente estrangeiro (ou alheio)* e, portanto, apenas parcialmente do falante. Ele chega a afirmar que o orador povoa as palavras dos outros “com sua própria intenção, seu próprio sotaque” (BAKHTIN, op. cit., p. 294). Tais palavras se referem claramente à contribuição do agente envolvido na ação mediada de produzir linguagem. Bakhtin também escreve sobre o processo de “forçar [a palavra] a se submeter às próprias intenções” (BAKHTIN, op. cit., p. 294), uma declaração que confere ao agente claros poderes volitivos.

Em alguns casos, essa luta obstinada com palavras pode envolver reflexão consciente; em outros casos, o processo pode ser tal que as diferenças não observadas na perspectiva resultam em “táticas de consumo” de ferramentas culturais que podem estar além da possibilidade de reconhecimento consciente. Mas, em todos esses casos, há reconhecimento do agente ativo no processo de apropriação. Por um lado, então, os agentes devem se apropriar das palavras dos outros sempre que quiserem falar; é inevitável ter que recorrer a janelas terminológicas, mesmo que estas “permaneçam alheias, soam estranho na boca daquele que os apropria” (BAKHTIN, op. cit, p. 294). Por outro lado, os agentes têm no seu poder uma série de possibilidades para a apropriação das palavras que se estendem de sua aceitação absoluta à sua fervorosa rejeição (WERTSCH, 1998). Dessa forma, nem sempre o domínio e a apropriação de uma ferramenta cultural ocorrerão continuamente, como indica Wertsch no trecho a seguir:

Voltando ao problema de como o domínio e a apropriação estão relacionados, vale ressaltar que, em muitos casos, os níveis mais elevados de domínio se correlacionam positivamente com a apropriação. No entanto, isso não é necessariamente assim. De fato, algumas formas muito interessantes de ação mediada são caracterizadas pelo domínio na utilização de uma ferramenta cultural, mas não pela sua apropriação. Em tais casos de ação mediada, o agente pode usar uma ferramenta cultural, mas ele faz isso com uma sensação de conflito ou resistência. Quando esse conflito ou resistência ganha força suficiente, o agente pode se recusar a usar essa ferramenta cultural. Nesses casos, podemos dizer que esses agentes não consideram que essa ferramenta cultural lhes pertença.

A apropriação de modos de mediação não se relaciona necessariamente com seu domínio de maneira simples. Em alguns casos, o domínio e a apropriação estão correlacionados em níveis altos e baixos, mas, em outros, o uso de ferramentas culturais é caracterizado por um alto nível de domínio e um baixo nível de apropriação. Portanto, devemos diferenciar essas duas formas de *internalização*, uma vez que é possível que, na ação mediada, operem de maneira relativamente independente (WERTCH, 1998, p. 97).

Em nosso trabalho, entendemos que não seria possível, nem pretendido, buscar por evidências de apropriação de ferramentas culturais nos registros realizados. Em primeiro lugar, porque a apropriação está relacionada às escolhas e motivações do indivíduo e, nesse sentido,

eles são responsáveis por decidirem se se apropriarão ou não de determinada ferramenta cultural; em segundo lugar, porque a apropriação pode ser observada de maneira mais evidente quando aparece em contextos diferentes e, assim, sua aparição seria a comprovação de que o agente toma a ferramenta cultural do outro e torna-a sua própria, a ponto de utilizá-la numa situação distinta da inicial. Por esses motivos, consideramos que buscar por indícios de *domínio* de ferramentas culturais, e não de *apropriação*, seja ética e metodologicamente a melhor maneira de compor este trabalho.

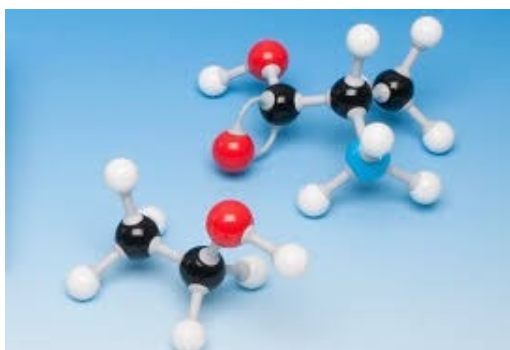
Assim, apresentamos a seguir de que forma construímos a metodologia para obter e analisar os indicativos de domínio de ferramentas culturais por graduandos do curso de Química.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 As aulas

Em momentos específicos, durante aulas das disciplinas Química Orgânica I e II, oferecida aos alunos de graduação do curso de Química da UNESP, Campus de São José do Rio Preto, foram coletados dados em áudio e vídeo das interações discursivas dos estudantes que, em duplas, realizavam atividades que incluíam o uso de objetos moleculares comerciais (Figura 5). As aulas que serviram ao nosso trabalho foram escolhidas de modo que os assuntos tratados envolvessem características espaciais de moléculas.

**Figura 5** – Objeto molecular comercial utilizado em parte das atividades realizadas.



Fonte: GPESig, 2018.

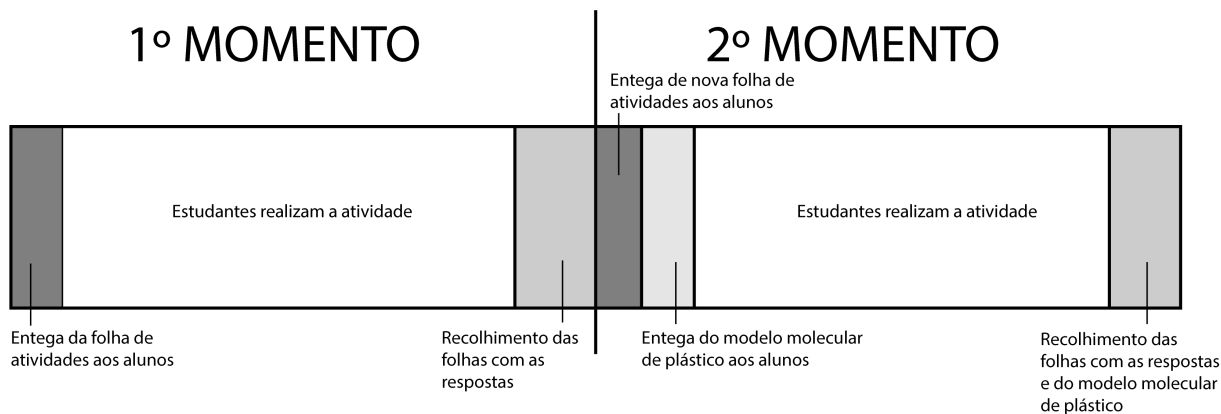
Na disciplina de Química Orgânica I, oferecida no primeiro semestre de 2016 e também no primeiro semestre de 2017, os alunos matriculados na disciplina eram majoritariamente graduandos do segundo ano no curso. Nossa intenção foi filmar e coletar áudio de atividades em que eles trabalhassem os assuntos vistos na aula anterior, que tratou das projeções de Newman e de gráficos de energia potencial decorrentes da rotação em torno da ligação simples entre carbonos.

Na disciplina de Química Orgânica II, oferecida no segundo semestre de 2016 e segundo semestre de 2017, também para alunos que em sua maioria eram estudantes do segundo ano, o assunto escolhido foi a classificação R,S de compostos orgânicos de acordo com Cahn, Ingold e Prelog (BRUICE, 2006).

Pedimos às professoras responsáveis pela disciplina que elaborassem e aplicassem alguns exercícios, sem a nossa interferência, e, durante suas aulas, os alunos resolveram as

atividades propostas. A aula, com duração aproximada de 2 horas, foi dividida em dois momentos, como mostra a Figura 6.

**Figura 6** – Sequência das atividades ocorridas durante a gravação dos dados.



Fonte: GPESig, 2018.

No primeiro momento os alunos discutiram os exercícios e os resolveram sem o auxílio de objetos moleculares comerciais. Após entregarem a folha de atividades com os resultados, utilizaram nova folha de atividades com os mesmos exercícios e, no segundo momento, os resolveram novamente, desta vez com os objetos moleculares comerciais disponíveis.

### 3.2 A gravação dos dados – arquivos de áudio e vídeo

No final dos anos 70, houve uma mudança de foco nas pesquisas educacionais, dando-se mais atenção aos processos de aprendizagem do que de ensino, o que contribuiu para uma alteração também no tipo de metodologia de pesquisa aplicada, de mais quantitativa para mais qualitativa (SCHNETZLER, 2002). Nota-se ainda uma prevalência de trabalhos com enfoque cognitivistas (centrados na interação aluno – recursos de visualização) e menos situacionais (alunos – professor – recursos de visualização), o que evidencia uma necessidade de ampliação das pesquisas com enfoque situacional, considerando que as atividades de ensino ocorrem majoritariamente no plano social da sala de aula, muitas vezes por mediações entre os alunos, professores e ferramentas ou recursos (TERUYA *et al.*, 2013).

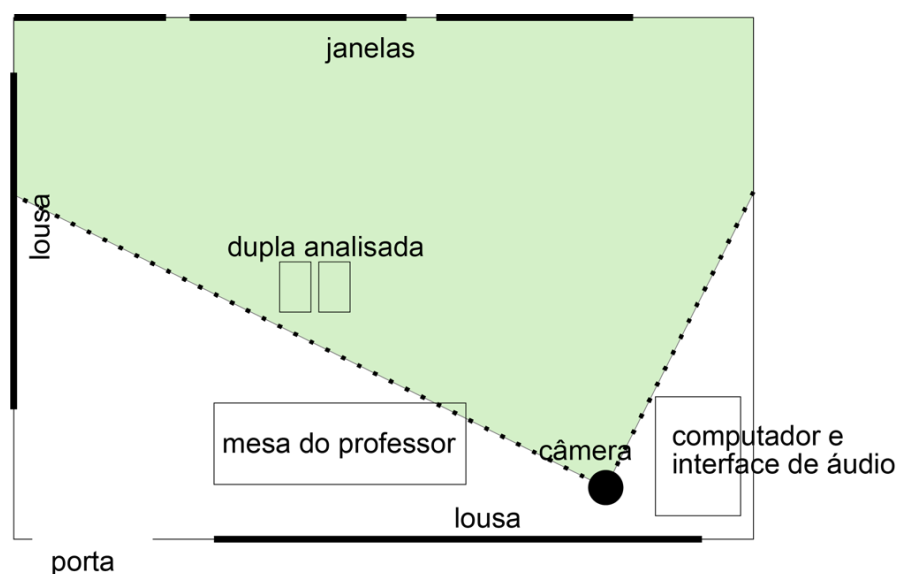
Para Martins (2006), os registros de observação de interações discursivas em salas de aula podem ser caracterizados como uma metodologia de caráter sociocultural, uma vez que a natureza discursiva da atividade fica em primeiro plano. A autora acredita que as investigações que se utilizam dessa metodologia “possibilitam a discussão dos processos pelos quais as ideias

são propostas, negociadas, defendidas e questionadas no discurso” (MARTINS, 2006, p. 298). De acordo com as abordagens socioculturais, os sentidos são construídos nas relações entre discursos, não estando, portanto, colados às palavras, podendo ser considerados como efeitos destas relações nos interlocutores (ORLANDI, 1999).

O registro de observação em vídeo facilita a identificação dos locutores, além de possibilitar a documentação de elementos de comunicação não-verbais, como por exemplo expressões faciais, gestos e ações corporais, que caracterizam as interações e, juntamente a linguagem verbal, representam importante papel na construção de sentidos (MARTINS, 2006). Ainda de acordo com a autora, “uma videogravação tanto mais se justifica na medida em que existir necessidade de consideração da natureza multimodal das interações” (MARTINS, 2006, p. 305). Isso significa que além da linguagem verbal são considerados outros elementos, tais como gestos, imagens e ações.

A captura de áudio foi realizada por meio de microfones sem fio, dispostos próximos aos alunos-foco e a captura em vídeo, por meio de filmadora digital, como mostra o croqui da Figura 7. Dessa forma, é possível analisar conjuntamente o que os alunos falam e de que maneira falam, quais expressões utilizam, além dos gestos de apontar ou indicar regiões específicas do modelo molecular durante a realização da atividade.

**Figura 7** – Croqui da sala de aula em que foram obtidas as gravações de áudio e vídeo. A área colorida indica o campo de filmagem da câmera.



Fonte: GPESig, 2018.

Houve um aumento na diversificação das metodologias aplicadas, que pode estar relacionado a uma escolha dos pesquisadores de realizar um conjunto de diferentes atividades

em suas pesquisas, uma vez que as metodologias aplicadas estão longe de serem mutuamente excludentes (TERUYA *et al.*, op. cit.). Em alguns casos, as gravações em vídeo ou áudio têm como propósito apenas registrar a sequência didática aplicada, sem uma finalidade clara de avaliar processos interacionais (SANTOS; GRECA, 2005). Porém, em outros, as mesmas têm como objetivo registrar as interações dos alunos com o professor e/ou entre seus pares e/ou com a ferramenta de visualização utilizada, para uma análise posterior do processo de aprendizagem (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001), como realizado neste trabalho.

### 3.3 O equipamento

Para captura dos vídeos utilizamos uma única câmera filmadora SONY HANDYCAM HDR-PJ380. A câmera foi posicionada na frente da sala com a finalidade de filmar as ações dos alunos, dispostos em duplas para as atividades. Para a captura dos áudios utilizamos uma interface de áudio Focusrite Scarlett 18i20, que tem a capacidade de gravar simultaneamente até oito canais de áudio em formato digital. Esses dados foram gravados diretamente em um computador, uma vez que a interface de áudio estava conectada via USB no mesmo. Utilizamos também, para coletar os dados de áudio, 4 microfones sem fio Lyco UHXPRO-01HLI, os quais foram colocados próximos a cada uma das duplas de alunos-foco. Na Figura 8, a seguir, observamos uma representação artística de um momento da captura de vídeo com a disposição dos alunos na sala de aula durante a filmagem. A coleta de dados foi realizada de acordo com o projeto de pesquisa com número de protocolo 42634815.3.0000.5466 do Conselho de Ética do IBILCE/UNESP (ANEXO A).

**Figura 8** – Representação artística da sala de aula no dia em que foi realizada a coleta de dados.



Fonte: GPESig, 2018.

### 3.4 O recorte dos vídeos e a sincronização dos arquivos de áudio

Após a gravação do vídeo foram realizados recortes específicos com o uso do software *MOVAVI*<sup>3</sup>. Os recortes possibilitam focalizar a área do vídeo que se encontra a dupla-foco que se pretende observar e, dessa forma, a partir de uma única gravação podemos obter quantos vídeos forem necessários. No caso, como tínhamos disponíveis quatro microfones sem fio, a partir da gravação original obtivemos 4 vídeos que focalizam 4 duplas-foco diferentes. Esses vídeos possuem como áudio original uma mistura de vozes de todos os presentes na sala de aula, decorrente da gravação de áudio por meio do microfone da filmadora. Seria praticamente impossível discernir as vozes e nossa análise certamente não seria realizada caso dependêssemos apenas de uma fonte de gravação de áudio. Por esse motivo, aos alunos participantes das duplas-foco foram disponibilizados microfones sem fio, destinados a captar principalmente a fala dos alunos que pretendíamos analisar posteriormente.

Assim, com o arquivo de áudio e com o vídeo já recortado, utilizamos o software *Windows Movie Maker*, editor de vídeo nativo do sistema operacional Windows, para sincronizar o arquivo de áudio específico de cada dupla-foco com seu recorte de vídeo correspondente. Dessa forma, as interferências sonoras são minimizadas e a análise dos episódios pode ser feita de modo mais eficiente.

### 3.5 Tratamento dos dados

Após o recorte do vídeo original e sincronização dos arquivos de áudio com os vídeos recortados, passamos para sua análise.

Foram transcritas as falas dos alunos enquanto resolviam as atividades propostas pela professora responsável pela disciplina. Nossas primeiras gravações, em 2016, nas disciplinas de Química Orgânica I e II, foram realizadas apenas no segundo momento da aula, a partir do uso dos objetos moleculares comerciais. Após discutirmos sobre as primeiras análises, julgamos ser mais interessante a filmagem dos alunos nos dois momentos, tanto antes de receberem os objetos moleculares comerciais quanto depois, o que foi de fato realizado nos semestres de 2017.

Entre as duplas analisadas no ano de 2017, algumas não puderam ser aproveitadas por problemas decorrentes da gravação do áudio pelos microfones. Nesse caso, um dos microfones

---

<sup>3</sup> [www.movavi.com](http://www.movavi.com)



apresentou problemas de mal contato, o que resultou em áudio cortado e impossível de se analisar. Outro fator que direcionou nossa escolha de duplas-foco foi o pouco engajamento observado em algumas duplas, em especial nos momentos de discussão para a resolução dos exercícios, o que resultou em interações discursivas pobres e pouco proveitosas para nós. Uma dupla, em especial, apresentou grande riqueza de dados durante a interação discursiva, bem como uma boa gravação de áudio e por isso decidimos escolher essa dupla para nossas análises neste trabalho.

### 3.6 Categorização dos aspectos de fala

As transcrições das falas dos alunos analisados serão apresentadas em quadros no próximo Capítulo e estão seguidas de suas descrições, na tentativa de melhor orientar o leitor sobre as expressões e/ou gestos realizados pelos alunos. Na última coluna de cada quadro sugerimos também a categorização dos aspectos de fala (em itálico) de cada turno de fala analisado. Essa categorização é inspirada na tricotomia de Peirce (2005) e busca evidenciar características em que predominam aspectos de signos indiciais, denominados daqui em diante **Indicação (I)**; aspectos de signos icônicos, chamados, de agora em diante, de **Similaridade (S)** ou, ainda, aspectos de signos simbólicos, chamados por nós de **Lei (L)**. Essas categorias são emergentes, uma vez que não havíamos pré-definido as mesmas no início do projeto, e as mesmas surgiram após o início de nossa análise dos dados.

As categorias de classificação que propomos aqui, inspiradas na tricotomia de Peirce, estão descritas no Quadro 2.

Com essa classificação, temos o propósito de delimitar os aspectos da fala relevantes em cada um dos turnos de fala para a análise que apresentamos. Isso significa que as mesmas palavras ou expressões podem ser classificadas de forma diferente dependendo do contexto em que foram utilizadas. Além disso, nosso propósito não está na classificação imutável das expressões dos estudantes, mas no processo de transformação que a linguagem proporciona e que ocorre ao longo da atividade. Essa classificação serve, portanto, como balizadora de nossas análises.

**Quadro 2** – Classificação das categorias de análise inspiradas na tricotomia de Peirce.

<b>Classificação</b>	<b>Inspiração peircenana</b>	<b>Definição</b>
Indicação (I)	Índice	Gestos de apontamentos, ou palavras e expressões que indiquem regiões ou átomos específicos.
Lei (L)	Símbolo	Termos que são utilizados pela comunidade química e permitem a comunicação entre os membros dessa área de conhecimento.
Similaridade (S)	Ícone	Aspectos tridimensionais das representações químicas, quer sejam as escritas no papel, quer sejam as construídas por meio de modelos moleculares.

Fonte: GPESig, 2018.

No Quadro 2, observamos que classificamos um determinado aspecto da fala como **Indicação (I)** com o intuito de agrupar falas, associadas ou não a gestos, que se dirijam a indicar algo, quer seja um átomo (por exemplo, C3, C4) ou uma região específica da molécula, tanto no papel quanto no uso de modelos concretos. Assim, entre as falas classificadas como **Indicação** estão todas que contém os termos *aqui, esse, assim* quando percebemos que o uso dessas palavras tem como intuição indicar um átomo, uma ligação ou uma região específica da molécula.

Para a classificação dos aspectos de falas e gestos em **Lei (L)**, consideramos as falas dos alunos que se refiram a termos próprios da Química, como os nomes dos elementos químicos bem como seus símbolos (até mesmo quando soletram, por exemplo, *cê agá três*, para se referir ao grupo metil, CH<sub>3</sub>) ou ainda as expressões utilizadas nesta área do conhecimento ou pertinentes ao assunto abordado na atividade, como *eclipsada, estrelada, alternada, anti, ligações, átomos, moléculas* etc, termos esses usuais para os indivíduos que compõe a comunidade de químicos.

Consideramos, por fim, classificar certos aspectos das falas e gestos como **Similaridade (S)** aqueles que se refiram ao objeto molecular ou à molécula, especialmente suas características tridimensionais e quaisquer outras que possam resultar da visualização do modelo. A similaridade, inspirada na categoria peirceana de iconicidade, é de extrema importância para o entendimento futuro das análises. Assim, vale reafirmar que, quando determinados aspectos das falas forem classificados como **Similaridade**, serão as características estruturais,

principalmente aquelas relacionadas à tridimensionalidade, as mais evidentes no turno de fala investigado.

É importante reiterar que as categorias propostas por Peirce não são exatamente idênticas às que propomos neste trabalho e, dessa forma, nossa análise será realizada com base nas definições de nossas próprias categorias **Indicação, Lei e Similaridade**, as quais pinçam peculiaridades das categorias indiciais, icônicas e simbólicas presentes na semiótica peirceana.

Traremos, a seguir, um recorte de algumas transcrições da dupla-foco filmada em 2017, seguido de sua análise

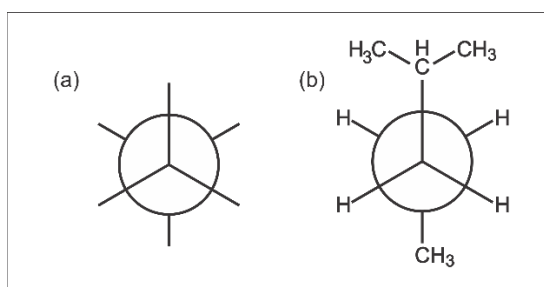
## 4 RESULTADOS

No primeiro semestre de 2017, na disciplina de Química Orgânica I, coletamos dados de áudio e vídeos nos dois momentos das atividades. No primeiro momento, os alunos não tinham os objetos moleculares comerciais disponíveis para a realização das atividades e, no segundo momento, os graduandos utilizavam o objeto molecular comercial como suporte para a realização do mesmo exercício. As atividades propostas pela professora responsável pela disciplina (ANEXO B) consistiam em representar um diagrama qualitativo de energia potencial de rotação em torno da ligação C3-C4 do 2-metilpentano e mostrar as projeções de Newman de todas as conformações correspondentes aos máximos e mínimos de energia.

Em um dos livros utilizados durante a disciplina de Química Orgânica I encontramos o seguinte trecho:

As substâncias são tridimensionais, mas somos limitados à folha de papel bidimensional ao analisar suas estruturas. Fórmulas em perspectiva e projeções de Newman (Figura 9) são métodos químicos normalmente utilizados para representar no papel a ligação  $\sigma$ . Em uma projeção de Newman estamos desprezando o comprimento de uma ligação carbono-carbono específica. O carbono em frente é representado por um ponto com três ligações em intersecção e o carbono de trás, por um círculo. As três linhas saindo de cada carbono representam as outras três ligações. (BRUICE, 2006, p. 88)

**Figura 9** – Representação de uma projeção de Newman em sua forma estrelada (a) e projeção de Newman do 2-metilpentano, molécula do exercício proposto (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, analisaremos a primeira dupla-foco, composta pelos alunos Julieta (J) e Romeu (R), nomes fictícios, no primeiro momento da atividade, isto é, no momento em que os alunos não dispõem do objeto molecular comercial. Na segunda parte, faremos a análise no segundo momento da atividade, em que o objeto molecular comercial é disponibilizado aos estudantes.

Para melhor compreensão, buscamos dividir o processo em três etapas. Cada uma das etapas contém pontos que consideramos indispensáveis dentro do processo de elaboração de significados e, juntos, nos levam ao processo global, culminando no domínio das ferramentas culturais. O termo elaboração de significados, utilizado neste trabalho, se refere aos “processos pelos quais uma pessoa passa a fazer corretamente os usos que as palavras têm em determinada comunidade” (GOIS, 2017, p. 19).

Dessa forma, as etapas aqui elencadas serão (1) A demanda por tridimensionalidade; (2) Manipular a tridimensionalidade ajuda a falar tridimensionalmente e (3) Reelaboração impregnada de tridimensionalidade.

#### 4.1 Análise dos turnos de fala: estudantes sem o modelo molecular

##### 4.1.1 A demanda por tridimensionalidade, uma primeira etapa

O Quadro 3 contém alguns turnos de fala em que os alunos Julieta e Romeu iniciam a atividade no primeiro momento, ainda sem a disponibilidade de uso dos modelos moleculares concretos.

**Quadro 3** – Início da atividade.

(continua)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
1	R	E agora?	Olha para Julieta	
2	J	Arruma <i>aqui oh... esse</i> <i>2, 3 aí seu...</i>	Julieta aponta, com o dedo, para a folha que está na mesa de Romeu	I
3	J	Analisar... representar o diagrama.	Os alunos leem o exercício da folha de atividades	
4	R	Qualitativo de energia		
5	J	<i>C3 e o 4... três e quatro.... três e quatro... como faz isso?</i>	Julieta aponta, com o uso da lapiseira, para a folha de atividades, intercalando a ponta da lapiseira nos carbonos 3 e 4 representados no papel	I

**Quadro 3 – Início da atividade.**

(conclusão)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
6	R	Então... eu não anotei... só coloquei dos... da <i>conformação anti...</i> da <i>conformação eclipsada</i> .	Romeu lê as anotações em seu caderno	L
7	J	Eu só tenho anotado assim... <i>qualquer arranjo tridimensional de átomos que resulta da rotação em torno de uma ligação simples é chamado de conformação...</i> quanto mais afastados os átomos estão menor a energia.	Julieta lê as anotações em seu caderno	L

Fonte: GPESig, 2018.

Percebemos que eles utilizam termos ou expressões com aspectos de signos classificados como **Indicação** e **Lei** nesse momento inicial (turnos de fala 2, 5 e 6). Além disso, quando Julieta lê as anotações do caderno, como se observa no turno de fala 7, verificamos aspectos de signos que poderiam ser classificados como **Similaridade**, mas que não foram, entretanto, utilizados pela estudante dessa forma. Quando Julieta lê suas anotações, os aspectos de fala são prioritariamente classificados como **Lei**, uma vez que o conteúdo da anotação, da forma como foi utilizada, refere-se mais a uma regra do que a uma característica tridimensional. Dessa forma, por enquanto os aspectos de diversas falas classificadas como **Lei** que se observa são assim categorizados apenas no sentido de que os estudantes conhecem os significados químicos das letras e números, que é o significado inicial. Entretanto, os estudantes ainda não conhecem o significado tridimensional das representações químicas, uma outra **Lei** e, também, um objetivo do exercício presente na atividade proposta pela professora.

**Quadro 4 – Romeu, embora não se recorde do assunto visto na aula anterior, inicia um esboço de lembranças.**

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
8	R	É que eu não tô lembrando da matéria sabe?		
9	R	<i>O de menor energia é quando tão longe... o de maior energia é quando tão perto.</i>	Romeu faz movimentos com os braços	S
10	R	Mas o <i>pentano...</i> como a gente vai fazer? <i>Precisaria pegar o modelo pra imaginar...</i>		S

Fonte: GPESig, 2018.

Isso se mostra mais claro no turno de fala 9 do Quadro 4, em que Romeu utiliza uma linguagem com termos menos refinados para se referir ao conteúdo presente no trecho lido por Julieta no turno de fala 7 do Quadro 3. Assim, fica mais claro a força de **Lei** que a anotação lida por Julieta no turno de fala 7 representa.

Entretanto, como observado no Quadro 4, quando Romeu afirma que a conformação de menor energia ocorre quando os grupos estão mais afastados, no turno de fala 9 (o de menor é quando tão longe), consideramos que essa expressão seja classificada como **Similaridade**, pois agora os aspectos tridimensionais são mais evidentes. Notamos, também, que os estudantes não se recordam dos assuntos presentes no exercício (turno de fala 8), como exemplificado no trecho do Quadro 4.

A partir desse momento percebemos a necessidade do uso do modelo molecular (turno de fala 10). Essa necessidade continua evidente durante grande parte desse momento da atividade e surge em outros turnos de fala, como se observa no Quadro 5, a seguir.

**Quadro 5** – Discussão inicial sobre a atividade, os alunos escrevem no papel.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
11	R	Porque tipo... fica ruim pra <i>visualizar</i> ... porque a gente não tem o modelo, entendeu...		S
12	R	A <i>conformação anti</i> é onde os <i>átomos de hidrogênio estão afastados</i> ...	Lendo as anotações	L
15	R	Julieta me dá a sua lapiseira, por favor... vai ser <i>isso aqui</i> tá tá... aí vai ser tipo... não vai?	Romeu esboça no caderno e começa a explicar para Julieta	I
16	R	Porque aqui vai ser a primeira rotação a... rotação <i>quando tá tudo separado vai ser a maior energia</i> ... aliás <i>tudo junto vai ser a maior energia e aqui vai ser o... tipo quando tiver é... um metil</i> ...	Romeu, escrevendo no caderno, tenta explicar para Julieta	S
17	R	ah não sei explicar... porque tipo o... <i>a rotação do metil vai variar</i>		S

Fonte: GPESig, 2018.

Nos turnos de fala 10 e 11, Romeu demonstra que seria necessário o uso do modelo molecular para a resolução do exercício (Precisaria pegar o modelo pra imaginar). Observamos nos turnos de fala 15 e 16 que Romeu tenta, por meio de representações escritas no papel,

explicar para Julieta (e para si mesmo) como se relaciona a energia potencial com as conformações representadas por meio das projeções de Newman. Entretanto, nem Romeu nem Julieta chegam a uma conclusão sólida e ainda demonstram insegurança ao falar sobre o assunto (turno de fala 17). Isto é, as tentativas de falar de forma tridimensional esbarram na ausência de uma materialidade que apoie uma tridimensionalidade.

Os estudantes mostram, mais uma vez, a necessidade do modelo para poderem visualizar a molécula, mas, como no primeiro momento da atividade o modelo molecular não foi disponibilizado, os graduandos procuram por conta própria alternativas que possam servir como algo que seja um modelo, o que chamamos de *demandas por tridimensionalidade*. Observamos essa necessidade também em trechos do Quadro 6.

**Quadro 6** – Notamos um primeiro momento em que os alunos usam objetos que possam representar as ligações e grupos.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
18	J	Não tô conseguindo <i>enxergar a molécula</i>		S
19	R	Eles tão fazendo com o lápis... mano é assim... não tem outro jeito (inaudível) <i>girando esse bagulho não vai mudar nada</i>	Romeu observa outras duplas utilizando lápis e canetas como representações das ligações químicas, mas não usa esses materiais ainda	S
20	J	Vou fazer que nem eles	Referindo-se aos estudantes que usaram lápis e canetas	
21	R	Não vai adiantar... porque ela explicou entre o <i>etano</i> ... o <i>etano</i> é tipo <i>um carbono aqui</i> outro <i>aqui</i> e três <i>hidrogênios</i> em cada...	Faz gestos com as mãos para representar a molécula de etano, seus átomos de carbono e de hidrogênio	S
22	R	ai <i>girando isso</i> ... se acrescentar um grupo metila nesse etano... AH!	Romeu faz gestos para representar os grupos	S
25	J	A gente só pega <i>dessa parte</i> .	Indica no papel	I
26	R	Tá então vamos fingir que é um <i>etano</i> ... não vai dar certo.		L

Fonte: GPESig, 2018.



Após as discussões com o uso das representações no papel e dos gestos com as mãos, conforme mostram os turnos de fala 19, 20, 21 e 25, os alunos procuram por materiais que possam representar a estrutura tridimensional da molécula, da mesma forma que outras duplas de alunos procederam (turno de fala 19). O que observamos é que, na ausência do objeto molecular comercial, um material próprio destinado à construção de moléculas, os estudantes buscam por outros objetos que supram essa necessidade de construção tridimensional. Essa *demandada por tridimensionalidade* surge porque os estudantes não conseguem, ainda, fazer o uso tridimensional que a comunidade de químicos já faz ao interpretar uma representação química. E, numa primeira etapa, a disponibilidade de um modelo material se faz necessária para que os alunos comecem a exercer melhor a linguagem.

No Quadro 7, a seguir, alguns turnos de fala mostram como os alunos tentam trabalhar utilizando esse modelo rudimentar, composto de canetas e lápis e, assim, uma nova etapa dentro do processo de elaboração de significados é atingida.

**Quadro 7** – Munidos de lápis, lapiseiras e canetas, os alunos tentam construir a molécula da atividade.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
27	R	Se a gente... calma que eu tô conseguindo... cadê os lápis?	Romeu utiliza apenas uma lapiseira para representar a ligação entre dois carbonos e faz gestos para indicar os outros átomos	
28	J	Eu acho que nós tá certo.		
29	R	Tá... tá certo... pega os bagulho aí... pega mais... mais um... tá... então... segura... <i>é esse aqui é o propil, isso aqui são o metil e dois hidrogênios...</i> certo.	Romeu constrói de maneira rudimentar a estrutura da molécula presente no exercício, enquanto Julieta segura os lápis e canetas nas posições determinadas por Romeu	I, L
30	J	Dois <i>hidrogênios</i> ? É quatro <i>hidrogênios...</i> três.		L
31	R	São dois... são dois... <i>esse aqui é o metil...</i> uai porque se tem o <i>metil</i> aqui um <i>carbono aqui...</i> falta duas <i>ligações</i> e dois <i>hidrogênios</i> .	Com a estrutura rudimentar construída, Romeu indica, com as mãos, quais são os átomos que cada um dos materiais representa	I, L

Fonte: GPESig, 2018.

#### 4.1.2 Manipular tridimensionalmente ajuda a falar tridimensionalmente

Ao analisar as duplas-foco, notamos que a disponibilidade de um modelo concreto possibilita aos agentes o maior exercício da linguagem. Esse seria, portanto, um segundo passo dentro das etapas que objetivam o domínio das ferramentas culturais envolvidas: manipular o objeto tridimensional e, assim, utilizar a linguagem também de forma tridimensional.

Embora tenhamos definido alguns passos que julgamos necessários para atingir certo grau de domínio das ferramentas culturais, é prudente ressaltar que essas etapas não são precisas. A etapa anterior não termina e, imediatamente, se inicia outra etapa. Na verdade, a divisão desse processo em passos, ou etapas, apenas nos possibilita maior organização para a análise dos dados. Dessa forma, no Quadro 7, notamos que os estudantes começam a utilizar lápis, canetas e outros objetos como materiais que representem as ligações químicas – demanda por tridimensionalidade satisfeita – e, então, os alunos conseguem fazer melhor uso da linguagem na realização da atividade.

Essa melhoria do uso da linguagem está relacionada ao correto uso do vocabulário, isto é, das palavras, expressões e termos utilizados pelos integrantes de um grupo específico, no caso, a comunidade de químicos. Assim, por meio desse vocabulário, é possível melhor se expressar e interagir com essa comunidade específica. Percebemos, no turno de fala 29, que Romeu utiliza os termos *propil*, *metil* e *hidrogênios* quando tem disponíveis as canetas e lapiseiras. Inclusive, no turno de fala 31, notamos que o modelo o ajuda a contar e verificar quantas ligações serão necessárias e, dessa forma, determinar quantos átomos de hidrogênio devem estar ligados ao carbono.

Nas transcrições do Quadro 7, podemos observar falas nas quais os estudantes passam a exercitar a linguagem utilizando termos classificados como **Lei**, pois acreditamos que os lápis e canetas proporcionaram, ainda que de maneira rudimentar, um suporte para que os alunos falem adequadamente a respeito da molécula.

Verificamos, assim, que o exercício da linguagem se mostra mais elaborado, o vocabulário químico utilizado torna-se mais propício, quando eles possuem um modelo tridimensional (turno de fala 31), mesmo que não seja o objeto molecular comercial destinado à construção de moléculas (Figura 10).

Além disso, os alunos percebem que utilizar um modelo concreto, ao menos no início da atividade, faz com que a compreensão seja maior (turno de fala 32). Outros trechos apoiam o que sugerimos aqui (turnos de fala 34 e 36, do Quadro 8, a seguir), uma vez que as canetas e

suas interações passam a representar as ligações e os átomos (*essa caneta preta é o hidrogênio ou esse aqui é o carbono*).

**Figura 10** – Os alunos da dupla analisada usando canetas e lapiseiras para a construção da molécula.



Fonte: GPESig, 2018.

**Quadro 8** – Os estudantes utilizam expressões que, por força de lei, começam a depender menos da similaridade.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
32	R	Sim... sim tá... melhor do que daquele jeito... aí que várzea.		
33	J	Dois <i>hidrogênios</i> ... um <i>metil</i> .	Julieta e Romeu apontam	L
34	R	<i>É esse aqui... essa caneta preta é o hidrogênio... isso aqui é hidrogênio também essas duas canetas essa e essa.</i>	para canetas e lápis indicando quais destes utensílios representam quais átomos	I, L
35	J	<i>E esse é o carbono.</i>		I, L
36	R	<i>E esse aqui é o carbono... aí nesse carbono aqui a gente tem três hidrogênios... entendeu? E aí aqui a gente tem um propil... esse propil tem três carbonos e... sete hidrogênios.</i>		I, L

Fonte: GPESig, 2018.

Resolvida a primeira parte do exercício, qual seja a construção da molécula, os graduandos agora tentarão, com o uso dos lápis e canetas, fazer a rotação da ligação específica para visualizarem quais são as conformações de maior e menor energia. Nesse ponto, verificamos que as características decorrentes da **Similaridade** do modelo concreto, ainda que rudimentar, viabilizam o uso de expressões com aspectos de signos classificados como **Lei** e **Indicação**.

O Quadro 9, a seguir, contém alguns turnos de fala que mostram as tentativas e dificuldades encontradas pelos alunos ao analisarem a rotação dos grupos em torno de uma ligação simples.

**Quadro 9** – Os alunos buscam entender como ocorre a rotação em torno da ligação simples.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
37	J	<i>Roda... vamos rodar... não... não é assim que roda.</i>	Os dois alunos seguram o conjunto de lápis e canetas organizados anteriormente e tentam simular a rotação em torno de uma ligação. Julieta promove a rotação no sentido horário e Romeu, no sentido oposto	S
38	R	É... a gente vai fixar dois e rodar.		
39	J	É.		
40	R	Entendeu? No que a gente fixou <i>esses dois</i> e rodou a gente tem uma...		I, S
41	J	Então o de <i>menor ligação é assim.</i>	Julieta segura na mão de Romeu e rotaciona as canetas para que fiquem próximas, simulando a conformação eclipsada	S

Fonte: GPESig, 2018.

A Figura 11 mostra uma sequência de frames do vídeo analisado em que os estudantes promovem a rotação com o uso das canetas. É interessante notar que os dois alunos, em conjunto, precisam ter a habilidade de segurar todos os materiais utilizados na construção da molécula e, simultaneamente e com sincronia, promover a rotação em torno de determinada ligação. De fato, essas dificuldades na promoção da rotação seriam substancialmente minimizadas caso os estudantes fizessem uso de um modelo molecular, material cuja finalidade específica o torna preferível em casos como esse, destinados a aprendizagem em sala de aula.

**Figura 11** – Primeira tentativa de promover a rotação com o uso de canetas compondo o modelo rudimentar.



Fonte: GPESig, 2018.

De todo modo, observamos que os estudantes encontraram um meio de visualizar e promover a rotação em torno da ligação específica mesmo com o uso de um modelo rudimentar e, embora apresentem dificuldades na manipulação das canetas e lápis (turno de fala 37), que não estariam presentes caso utilizassem o objeto molecular comercial, vão, aos poucos, resolvendo o exercício. Essas dificuldades também são evidenciadas nos turnos de fala 48 e 51 do Quadro 10.

**Quadro 10** – Os estudantes promovem a rotação em torno da ligação simples.

(continua)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
42	R	Espera... calma... não... o de <i>menor</i> ligação é assim.	Romeu volta a dispor as canetas da maneira que estavam anteriormente, de forma que fiquem afastadas ao máximo, simulando a conformação estrelada	S, I
43	J	Então.		
44	R	Que vai tá <i>tudo longe</i> ... é vai ser esse.		S
45	J	Mas pode <i>esse</i> ficar parado e ter rodado só <i>esse</i> ?	Os alunos indicam as canetas que permaneceram imóveis e as que foram movimentadas	I
46	R	Pode... não... <i>esse</i> rodou... ele tá...		I
47	J	E <i>esse</i> ficou parado.		I
48	R	Não oh.		
49	J	Não pode ficar parado.		
50	R	Calma... assim.		

**Quadro 10** – Os estudantes promovem a rotação em torno da ligação simples.

(conclusão)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
51	J	Vai ter que <i>rodar junto</i> entendeu? Calma... roda de novo... um dois três e...	Os dois alunos novamente simulam a rotação, cada um num sentido	S
52	R	Isso... esse é o de menor entendeu... porque vai <i>tá tudo longe</i> .	Romeu mantém as canetas afastadas ao máximo	S
53	J	Como eu <i>desenho isso</i> ?		L
54	R	Não sei... mas a gente tá tentando né... tentativa valeu a pena... então é assim.		

Fonte: GPESig, 2018.

Notamos que os estudantes precisam promover a rotação do modelo rudimentar para que consigam falar a respeito das energias envolvidas em cada uma das conformações, uma vez que a energia se relaciona com a proximidade de grupos volumosos, aqui representados por canetas. É nesse sentido que acreditamos que a manipulação da tridimensionalidade, possibilitada por um modelo concreto, propicia ao aluno falar tridimensionalmente e melhor se expressar.

No turno de fala 53 (Quadro 10), a pergunta de Julieta nos indica que, embora possa ter ocorrido o domínio da etapa de rotação em torno da ligação, ainda assim a aluna não sabe de que maneira irá representar isso no papel. Observamos que a sua pergunta (*Como eu desenho isso?*) ao se referir à habilidade de representar as projeções de Newman indica que Julieta possui um baixo nível de domínio dessa ferramenta cultural, uma vez que não tem ainda a capacidade de desenhar, ou seja, de escrever a representação de Newman em papel. De fato, a habilidade de representação das conformações de uma molécula por meio das projeções de Newman se mostra como uma das ferramentas culturais que mais necessita de elaboração.

Notamos que Julieta, principalmente, se preocupa excessivamente com a necessidade de promover a rotação dos dois carbonos, C3 e C4, pois acredita que essa é a maneira correta de se realizar a atividade. Entretanto, um dos passos necessários para a análise das conformações é manter um dos carbonos da simples ligação imóvel e promover a rotação apenas dos grupos ligados ao outro carbono. Curiosamente, essa informação, de enorme valia para a realização da atividade, não é visivelmente apontada em dois dos principais livros-texto utilizados na disciplina de Química Orgânica I e disponibilizados na biblioteca do campus.

Até esse ponto, os graduandos foram capazes de construir a molécula e de falar tridimensionalmente enquanto manipulavam o modelo rudimentar. Entretanto, para a conclusão da atividade é necessário que os alunos representem as conformações por meio das projeções de Newman, o que consideramos uma terceira etapa no processo de elaboração de significados.

#### 4.1.3 Reelaboração impregnada de tridimensionalidade – a Similaridade ganha força de Lei

O terceiro passo da atividade se mostra na representação das projeções de Newman no papel. Essa etapa apresenta dificuldade porque as projeções de Newman são utilizadas para representar em duas dimensões uma estrutura tridimensional e, como já afirmamos, os estudantes encontram grande barreira nesse aspecto.

Observamos, no Quadro 11, alguns trechos escolhidos nessa etapa da atividade. Percebemos, novamente, que durante o processo da resolução da atividade o modelo rudimentar, repleto de características que conferem **Similaridade**, permite aos estudantes que utilizem expressões com aspectos de signos classificados como **Indicação** e **Lei** (turno de fala 58).

**Quadro 11** – Os alunos precisam promover a rotação em torno de uma ligação simples e representar no papel utilizando as projeções de Newman.

(continua)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
55	J	Mostre as <i>projeções de Newman</i> de todas as <i>conformações</i> correspondentes aos máximos e mínimos.	Lê o enunciado do exercício	L
56	R	depois de representar o diagrama de...		
57	J	Não... mostre as projeções de Newman de todas as conformações correspondentes aos máximos e mínimos.	Lê novamente, enfatizando que primeiro devem ser feitas as projeções de Newman	
58	R	Ai o... <i>o mínimo</i> vai ser a <i>conformação anti</i> que vai ter <i>menor energia</i> que vai ter um <i>carbono aqui</i> e <i>outro aqui</i> .	Romeu faz gestos com os braços para indicar que os átomos de carbono estão em lados opostos	S
60	R	Não... coloca só <i>conformação anti</i> e <i>conformação</i> ...		L

**Quadro 11** – Os alunos precisam promover a rotação em torno de uma ligação simples e representar no papel utilizando as projeções de Newman.

(conclusão)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
61	J	Mas tem que <i>mostrar as projeções</i> .		L
62	R	Aí depois a gente <i>escreve...</i> representando as conformações.		L
64	R	(inaudível) aqui oh... <i>conformação anti... conformação ao redor de uma ligação simples carbono carbono onde os átomos de hidrogênio estão afastados ao máximo...</i>	Romeu lê as anotações do caderno	L
65	R	seria a <i>conformação de menor energia...</i> exatamente... e a <i>eclipsada</i> é ao contrário... que é <i>tudo junto</i> que é de <i>maior energia</i> .		S
66	J	<i>Anti e eclipsada, certo?</i>		L
67	R	Isso... isso... aí a gente <i>escreve ali... é... representações das conformações</i> e faz o...		L

Fonte: GPESig, 2018.

Essa percepção nos mostra que um modelo material que tenha características semelhantes ao objeto que se propõe representar fornece um suporte para que a fala dos alunos seja exercitada e, dessa forma, os estudantes são possibilitados a usar a linguagem de modo mais assertivo (turno de fala 65). Além disso, conforme os aspectos tridimensionais e estruturais permitem que os alunos falem melhor acerca da molécula, observamos que é possível aos estudantes representar no papel, agora de forma predominante simbólica. Isto é, a habilidade dos alunos em representar no papel uma estrutura por meio do uso de representações químicas específicas, como as projeções de Newman, que tem caráter majoritariamente simbólico, é favorecida quando os estudantes utilizam um modelo com aspectos tridimensionais e dotados de **Similaridade**.

Nos turnos de fala presentes no Quadro 11, Julieta e Romeu discutem como responderão ao exercício. Julieta procura seguir à risca as instruções presentes na folha de atividades. Ela prefere que primeiro sejam representadas as projeções de Newman para depois ser representado o gráfico de energia potencial. Romeu, no turno de fala 58, mostra ter associado a conformação com seu valor energético e, por isso, prefere iniciar a resposta da atividade com o gráfico.



Observamos, no Quadro 12 (turno de fala 84) e no Quadro 13 (turnos de fala 91 e 103, por exemplo) a seguir, outros turnos de fala em que os alunos utilizam expressões classificadas como **Indicação** e **Lei** auxiliados pela similaridade do modelo. Dessa forma, a importância do uso de modelos moleculares se encontra no fato de que essas ferramentas contribuem para a melhoria da aprendizagem por possibilitarem o exercício da linguagem química dos estudantes, até o ponto em que os aspectos compreendidos por meio da similaridade passam a ser utilizados como **Lei**, com características simbólicas, predominantemente.

**Quadro 12** – Os alunos desenham as conformações dos máximos e mínimos e entregam a folha de atividades com as respostas.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
74	J	Não... mas o nosso <i>etano aqui</i> .	Indica o desenho feito	L, I
75	R	Não... <i>ai</i> cê não coloca <i>hidrogênio</i> ... <i>ai</i> você coloca os <i>grupos substituintes</i> tipo que tá indo <i>aqui</i> .	Romeu indica no desenho feito por Julieta	I
77	R	Bota o <i>metil</i> ...		L
78	R	oh finge que <i>esse carbono aqui</i> .		I, L
79	J	Vamos fazer de novo.	Apaga o desenho	
81	J	Oh tem nosso <i>etil aqui</i> .		L, I
83	J	O da frente.		S
84	R	Não... empresta... esse <i>carbono aqui</i> ... ele vai ser esse aqui... então vai ter o <i>hidrogênio o outro hidrogênio e um CH3</i> .	Romeu pega a lapiseira e começa a desenhar na folha que Julieta estava desenhando	L, I
85	J	Você não quer fazer do C3?		
86	R	Do C4 é mais fácil.		
87	J	Ah... mas vai deixar no fundo?		
88	R	É... aqui... <i>ai esse carbono aqui</i> .		L, I

Fonte: GPESig, 2018.

Na etapa final, em que os alunos representam as conformações por meio das projeções de Newman no papel, ainda há dúvidas, principalmente por parte de Julieta. Essas dificuldades podem ser decorrentes, também, da carência do domínio de outras ferramentas culturais, como observamos nos turnos de fala 92, o que poderia comprometer a correta representação da projeção de Newman. De fato, como Scalco (2014) concluiu em seu trabalho, para que o aluno

compreenda o que é representado este precisa ter um bom inventário químico, que são conhecimentos anteriores necessários para a compreensão do novo conhecimento, em que este possibilitará uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos. Infelizmente, na análise desta interação discursiva, Julieta não parece apresentar um bom inventário químico e, dessa forma, à realização da atividade é acrescentada maior dificuldade. O Quadro 13, a seguir, apresenta os últimos turnos de fala analisados ao final do primeiro momento da atividade.

**Quadro 13** – Última etapa da atividade.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
89	J	Falta C... <i>CH3 CH3 CH3</i> .	Soletrando	L
90	R	Não HC... a escreve do seu... porque tá do seu lado eu tive que fazer de ponta cabeça HC... é o <i>carbono três</i> ...	Julieta vira a folha para Romeu escrever	L, I
91	R	ele vai ter <i>esse grupo aqui</i> em uma ligação aí os dois <i>hidrogênios</i> também... pronto.		L, I
92	J	Por que dois <i>hidrogênios</i> ?		L
93	R	Porque é <i>esse carbono</i> ... ele tá com dois <i>hidrogênios</i> e esse grupo me... <i>propil</i> .		L, I
97	R	Agora <i>eclipsada</i> .	Romeu começa a desenhar no caderno a outra projeção de Newman	L
101	R	(inaudível) enfim... daí <i>esse carbono aqui</i> ... é... vai ser o <i>carbono</i> ... e <i>aqui</i> .	Desenhando no caderno	L, I
102	J	Faz as pontinhas <i>aqui</i> .		I
103	R	Nesse lugar a <i>eclipsada</i> vai ter que estar <i>aqui</i> ... ah... virou assim...		L, I

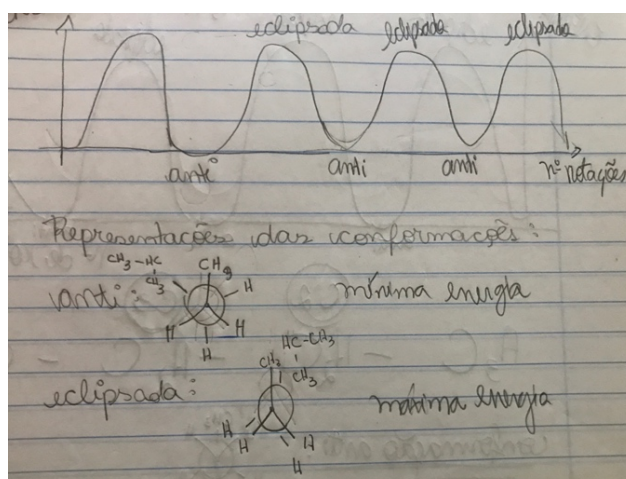
Fonte: GPESig, 2018.

Verificamos, na Figura 12, a folha de respostas entregue pela dupla. Das duas representações apresentadas uma está correta (máxima energia) e a outra não (mínima energia). Verificamos também que o gráfico de energia contém algumas incorreções, ao tratar todas as conformações com mesmos valores máximos de energia, o que também acontece com os valores mínimos. Esse gráfico muito se assemelha ao gráfico de energia da molécula de etano, utilizado pela professora na aula anterior para apresentar o conteúdo aos estudantes. Por isso, podemos inferir que a dupla considerou um gráfico possivelmente presente nas anotações dos

estudantes como representativo para a molécula do exercício presente na folha de atividades. Entretanto, de certa forma, os estudantes foram capazes de relacionar conformações eclipsadas com maior energia e conformações anti, com menor valor de energia. Nesse sentido, acreditamos que esta última etapa do processo tenha sua conclusão na reelaboração dos usos que são feitos com os signos. Como verificado nas respostas dos estudantes, as características de semelhança e similaridade com o modelo tridimensional perdem um pouco de espaço e cedem lugar para os aspetos convencionais, os quais são compreendidos ao final da atividade como regras ou leis.

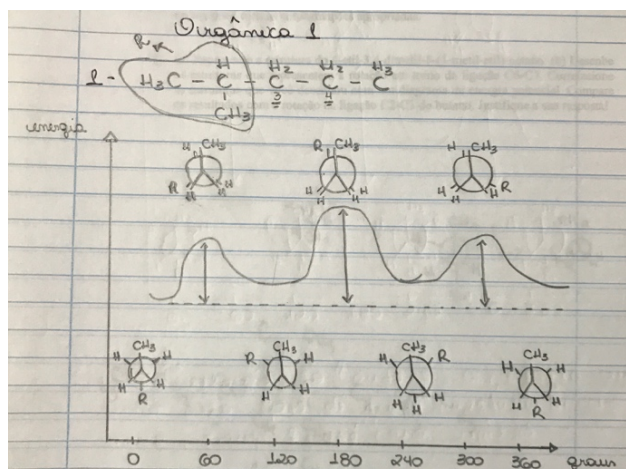
Um fato curioso ocorreu durante a entrega das folhas de respostas ao final do primeiro momento da atividade. Uma das duplas, cujos alunos não foram filmados, terminaram a atividade antes da maioria. Os alunos dessa dupla são Páris e Mercúcio. Páris disse à professora que já sabiam como representar as conformações por meio das projeções de Newman e que não necessitavam do objeto molecular comercial. Assim, perguntaram se já poderiam sair da sala de aula, uma vez que a folha de respostas entregue no primeiro momento continha as respostas corretas. Essa dupla, curiosamente, era composta por Páris, que já havia realizado a disciplina anteriormente, e por Mercúcio, que realizava a disciplina pela primeira vez. A imagem com a resposta dessa dupla é mostrada na Figura 12. Podemos comparar as repostas das duas duplas: a primeira, composta por Julieta e Romeu, alunos que estavam matriculados na disciplina de Química Orgânica pela primeira vez, com alguns erros e incompleta, pois apenas duas conformações foram representadas por meio das projeções de Newman; a segunda, formada por Páris, que já havia realizado essa disciplina, completa e correta, fato esse que fez com que a dupla não precisasse do uso do objeto molecular comercial para a finalização da atividade.

**Figura 12** – Resposta de Julieta e Romeu, entregue ao fim do primeiro momento da atividade.



Fonte: GPESig, 2018.

**Figura 13** – Respostas de Páris e Mercúcio.



Fonte: GPESig, 2018.

De fato, a escolha das duplas cujas interações discursivas foram filmadas e analisadas não foi realizada por motivos de engajamento dos estudantes ou pelo valor do coeficiente de rendimento dos mesmos. As duplas foram aleatoriamente eleitas. Seria interessante ter o registro das interações discursivas de Páris e Mercúcio, dupla que entregou a atividade corretamente sem necessitar do uso do objeto molecular comercial pois, certamente, conseguiríamos notar quais etapas os alunos da dupla, principalmente Páris, que havia realizado a disciplina anteriormente, já eram dominados. Por outro lado, devemos também informar que, entre todas as duplas que entregaram a atividade, apenas Páris e Mercúcio, a dupla que justamente trazemos para a discussão, trouxe as respostas. Isso nos mostra que o uso dos objetos moleculares comerciais é, sim, uma ferramenta de fundamental importância durante as aulas de graduação.

A seguir, analisamos o segundo momento da atividade, mais uma vez focalizando nossas análises em nossa dupla inicial, Julieta e Romeu.

#### 4.2 Análise dos turnos de fala: estudantes com o modelo molecular

Seguimos, agora, com as transcrições do segundo momento da atividade, em que o modelo molecular é disponibilizado aos estudantes e eles resolvem novamente o exercício. No Quadro 14 podemos observar os turnos de fala no início da atividade, em que os estudantes começam a utilizar as peças do objeto molecular comercial, em que as esferas de diferentes cores servem para representar diferentes elementos e os bastões, as ligações químicas.

**Quadro 14** – Início da atividade com o uso do objeto molecular comercial.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
110	J	<i>Esfera branca hidrogênio... preta carbono... vermelha oxigênio... vou montar um...</i>	Lê as instruções do manual do modelo molecular	L
111	J	monta de novo fazendo favor o 2 <i>metilpentano...</i> é tem que fazer... não... na folha.	Julieta pede para Romeu escrever a fórmula estrutural no caderno enquanto constrói o modelo	L
112	J	Cadê as bolinhas brancas? Parece o negócio do resta um né? Já brincou de resta um?	Manipulando os bastões que servem como ligações	
113	R	Não... não lembro de como é que é... pronto.	Desenhou a fórmula estrutural no caderno	
114	J	Qual eu é o C2 e C3 não... o C3 e C4... tem o <i>metil</i> aqui... ele faz ângulo? Ele faz curva?	Se refere aos bastões curvos que estão disponíveis no modelo molecular	L
115	R	Não não... as curvas só são pra... ligação dupla.		
116	J	Ah é? Não sabia... <i>oh aqui tá... oh... dois hidrogênios... olha aqui oh... dois hidrogênios</i> e um <i>metil...</i> eu não vou colocar porque senão vai bagunçar... o resto do <i>hidrogênio aqui... aí aqui.</i>	Constrói a molécula olhando no desenho que fez no papel e prefere não construir a molécula completamente	L

Fonte: GPESig, 2018.

Entendemos que o uso do objeto molecular comercial próprio para a atividade traz facilidades quando comparamos com o modelo rudimentar, construído a partir de canetas, como a correta disposição dos ângulos entre os átomos, o melhor encaixe entre as peças e as cores que distinguem os elementos que representam. A construção do objeto molecular se torna mais eficiente e menos desajeitada (turnos de fala 111 e 116). Ressaltamos também que, por se tratar do mesmo exercício desde o primeiro momento da atividade, no segundo momento os alunos construíram o objeto molecular com maior rapidez pois já estavam familiarizados desde o primeiro momento com o exercício e a fórmula molecular da substância.

A primeira etapa na resolução da atividade, a de *demanda por tridimensionalidade*, neste segundo momento, já se faz presente desde o início, uma vez que o modelo molecular foi disponibilizado. É uma etapa que ocorre de modo mais rápido porque os graduandos começam com o modelo em mãos ao invés de tentarem utilizar representações no papel e se depararem com a dificuldade, como observado no primeiro momento.

Após a construção da molécula, os estudantes farão a rotação em torno da ligação específica (turnos de fala 119 e 123, no Quadro 14). Como o modelo molecular é próprio para isso, percebemos as facilidades que ele possibilita quando comparamos com o uso de lápis e canetas, que era desajeitado. Entretanto, acreditamos que a disponibilidade do objeto molecular comercial não faça surgir uma ação mediada nova, mesmo porque, antes de ser disponibilizado o modelo concreto, os alunos buscam por instrumentos, como os lápis e canetas, que sirvam como ferramentas que possibilitem visualização espacial, evidenciados na *demanda por tridimensionalidade*. Assim, como essa necessidade de utilizar quaisquer objetos que possam representar aspectos tridimensionais é observada mesmo quando os estudantes utilizam representações no papel, consideramos que a ação mediada não foi transformada ao fornecermos aos graduandos os objetos moleculares comerciais, especificamente destinados à construção de moléculas e sua observação tridimensional. Podemos afirmar, entretanto, que a ação mediada é possibilitada quando os estudantes buscam por materiais que representem aspectos estruturais e espaciais das moléculas. Isto é, a demanda por tridimensionalidade é um exemplo claro de transformação da ação mediada provocada pela inserção de uma nova ferramenta cultural, a saber, as canetas ou lápis.

Embora o modelo forneça vantagens em relação ao uso de canetas e lápis, os estudantes encontraram alguma dificuldade (turnos de fala 126 e 127) e, por isso, pediram ajuda à professora responsável pela disciplina, como mostram alguns turnos de fala do Quadro 15.

**Quadro 15** – Após a construção da molécula os alunos partem para a rotação em torno da ligação simples.

(continua)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
119	R	Péra... <i>aqui</i> né... a gente vai <i>fixar esses dois e girar esse</i> .	Romeu rotaciona as ligações do objeto molecular comercial	I, S
120	J	Deixa eu segurar o do meio.		
121	R	A gente tem que fixar <i>esses dois</i> .		I
122	J	Não... é <i>esses dois aqui oh</i> .		I

**Quadro 15** – Após a construção da molécula os alunos partem para a rotação em torno da ligação simples.

(conclusão)

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
123	R	<i>Esses dois e girar (inaudível) então vai... um dois três e.</i>	Os dois alunos simulam a rotação, cada um segurando em um dos grupos do objeto molecular comercial	I
124	J	Não tá fazendo diferença... aqui oh... assim.	Julieta procura pelo eixo da ligação entre os carbonos 3 e 4 para visualizar o objeto molecular	L
125	R	É... assim é a <i>projeção de Newman</i> .		
126	J	Confundi tudo isso aqui... assim... oh.		
127	R	Ai chama a professora ou o moço ali por favor.... porque assim...		
128	J	<i>Aqui de maior energia.</i>	Julieta aproxima os grupos isopropil e metil de cada lado da ligação	S

Fonte: GPESig, 2018.

Ainda é visível a dificuldade dos alunos na compreensão tridimensional do modelo e sua relação com a projeção de Newman.

De fato, devemos considerar que há um primeiro momento de apresentação da ferramenta cultural aos alunos. A apresentação ocorre no período em que o professor, conhecedor da ferramenta cultural, expõe e divulga aos alunos a ferramenta. Isso acontece basicamente durante as aulas expositivas, muito comuns nas aulas de graduação. A aula expositiva e, portanto, a apresentação da ferramenta cultural é apenas uma fatia do processo que objetiva a elaboração de significados por graduandos. Entretanto, muitos professores acreditam que apenas a apresentação da ferramenta cultural basta para que o estudante possa dominá-la com destreza. Nesse ponto, criticamos as aulas da graduação da forma como são realizadas, já que descobrimos, ao longo de todo esse trabalho, que a aprendizagem não se resume à apresentação da ferramenta cultural.

Após a apresentação, esta porção importante, mas não exclusiva, pode-se passar para a fase do domínio da ferramenta cultural. Entretanto, o domínio não ocorre instantaneamente, tão logo a apresentação ocorra. É necessário um período para que o aluno apresente o domínio de determinada ferramenta e, acima de tudo, é preciso que o aluno exercite a ferramenta cultural

para que ele possa atingir um determinado grau de domínio, quer seja baixo ou alto. Uma das maneiras de exercitar a ferramenta cultural é por meio da linguagem. Assim, falar com um indivíduo que saiba utilizar a ferramenta cultural corretamente e, portanto, a domine é uma parte importante do processo.

**Quadro 16** – Os alunos chamam a professora.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
130	J	Professora... como que eu vou mostrar que <i>aqui</i> é de <i>maior energia</i> ?	Julieta aproxima os grupos novamente e entrega o modelo para a professora	I, L
131	R	Esse bugou a nossa cabeça.		
132	Prof	O quê?		
133	J	Como que eu vou mostrar que <i>esse aqui</i> é o de <i>maior energia</i> ?		I, L
134	R	A gente tem que <i>fixar os dois carbonos e girar</i> não é?		L, S
135	Prof	Vocês tão vendo qual?		
136	J	É <i>esses dois aqui oh</i>	Julieta entrega o modelo para a Professora, indicando quais são os átomos pertencentes à ligação que se deseja analisar.	I

Fonte: GPESig, 2018.

No Quadro 16, ao chamarem a professora, os alunos apresentam como dificuldade representar a conformação de maior energia, conforme turno de fala 130 (*como que eu vou mostrar que aqui é de maior energia?*). Podemos inferir desta fala que a dificuldade reside na representação por meio das projeções de Newman, que devem ser escritas no papel. Quer dizer, Julieta sabe que a conformação na qual os grupos mais volumosos estão próximos é a conformação de maior energia. Entretanto, o que Julieta não sabe é como mostrar, por meio de uma representação química apropriada, essa conformação. E é nesse momento que a mediação da professora é necessária, uma vez que ela domina a ferramenta cultural e pode, portanto, mostrar aos outros membros da comunidade como utilizá-la.

Observamos também no Quadro 17, a seguir, a intervenção da professora responsável pela disciplina. É interessante notar a postura da professora frente às dúvidas de Julieta e Romeu, já que ela não fornece imediatamente a resposta aos alunos, mas tem a conduta de



procurar, com o uso do modelo molecular, mostrar aos alunos qual o motivo das diferenças dos valores de energia potencial das possíveis conformações para a molécula.

**Quadro 17** – O auxílio da professora.

Turno	Aluno	Fala	Descrição	Class
137	Prof	C2... C3 e C4... então esse da frente tem o quê?	A professora indica para os alunos cada porção específica do modelo, encorajando-os a responderem.	
138	R	Um <i>metil</i>		L
139	Prof	Um <i>metil</i>		L
140	R	E dois <i>hidrogênios</i>		L
141	Prof	E <i>aqui atrás?</i>		I
142	R	Dois <i>hidrogênios</i>		L
143	Prof	Dois <i>hidrogênios</i>		L
144	R	E o grupo <i>propil</i>		L
145	Prof	E o R esse grupo R <i>aqui</i> não é? Então essa é a <i>forma de menor energia...</i> por quê?	A professora promove a rotação até promover a conformação de menor energia	I, L
146	J	Porque tá <i>afastado</i>		S
147	Prof	Tá <i>afastado...</i> quando eu <i>giro de sessenta</i> eu (inaudível)	Professora promove a rotação	S
148	J	<i>Esses dois aqui</i>		I
149	Prof	Os <i>hidrogênios eclipsados...</i> uma outra forma de energia		L
150	R	Mas <i>essa</i> é de <i>maior</i>		I, L
151	Prof	<i>Maior...</i> e aí depois... tem <i>essa...</i> onde eles são vizinhos... depois tem <i>essa</i> que oh... <i>essa</i> daqui é de <i>maior energia?</i>	Professora promove a rotação até uma volta completa	I, L
152	R	É?		

Fonte: GPESig, 2018.

No final da atividade, os alunos compreendem os motivos pelos quais as energias são maiores ou menores (turno de fala 153), e são orientados pela professora pois ainda não dominam a ferramenta cultural. Daí a justificativa de como é importante e necessário que os alunos da dupla-foco peçam ajuda à professora, uma vez que ela é o agente que domina a

ferramenta cultural e, dessa forma, pode auxiliá-los. E desse modo, os graduandos, os quais ainda não apresentam o domínio da determinada ferramenta, podem, futuramente, dominá-la.

**Quadro 18** – Finalização da atividade.

<b>Turno</b>	<b>Aluno</b>	<b>Fala</b>	<b>Descrição</b>	<b>Class</b>
153	J	<i>Tá batendo.</i>	Julieta aponta para o fato das esferas que representam os grupos metil e isopropil entrarem em contato nessa conformação.	S
154	Prof	Por quê?		
155	J	<i>Tá batendo.</i>		S
156	Prof	<i>Olha aqui oh.</i>	Professora promove a rotação até uma volta completa, indicando as conformações.	I
157	R	Ah sim.		
158	Prof	<i>Depois essa aqui... vizinhos.</i>		I, S
159	R	<i>É... vizinhos.</i>		S
160	Prof	<i>Essa aqui?</i>		I
161	J	<i>Tá voltando né?</i>		
162	R	<i>Então gira de sessenta em sessenta?</i>	A professora entrega o modelo para Romeu	S
163	Prof	<i>É.</i>		
164	J	<i>Cê dá conta de escrever isso?</i>	Julieta pergunta para Romeu	L

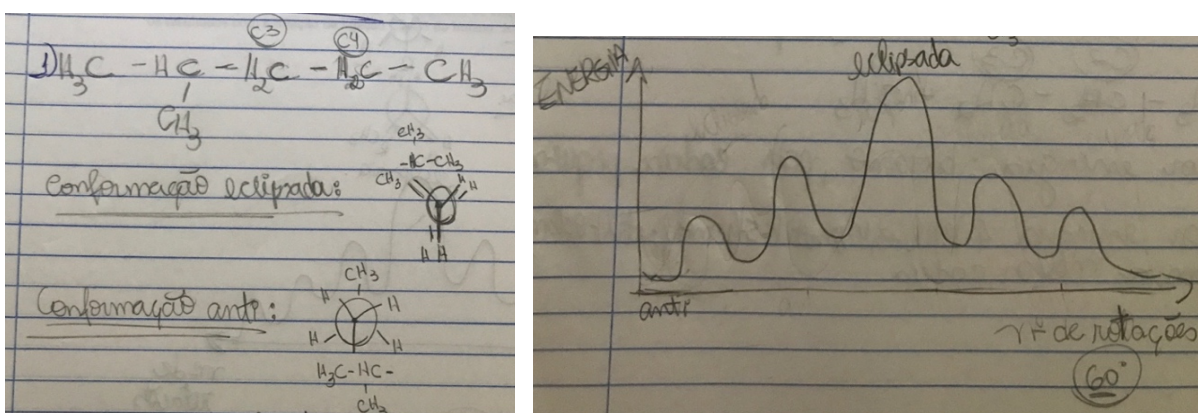
Fonte: GPESig, 2018.

Observamos isso, por exemplo, no turno de fala 162 do Quadro 18, em que Romeu ainda não tinha percebido a necessidade de rotação a cada 60° para a representação das diferentes conformações. Deveríamos esperar que a percepção da necessidade de rotação a cada 60° fosse, espontaneamente, notada pelo estudante? Claro que não! É nesse ponto que destacamos a importância do professor, o agente que domina a ferramenta, na interação com o estudante, que ainda não a domina. Faz parte do processo de elaboração de significados que o sujeito com maior grau de domínio auxilie o outro a entender como se utiliza determinada ferramenta ou grupos de ferramentas culturais. Não devemos esperar, portanto, que estudantes, após uma aula em que são apresentados a diversas ferramentas, passem a dominá-la prontamente. Foi

exatamente isso que observamos ao longo de nossas gravações, com as diversas duplas-foco escolhidas.

Na Figura 14 observamos as respostas da dupla após o uso do modelo molecular. Notamos que, dessa vez, as duas projeções foram representadas corretamente, embora a dupla necessitasse representar as outras projeções correspondentes aos máximos e mínimos. Além disso, o gráfico continua com inconsistências em relação aos valores máximos e mínimos de energia de cada uma das conformações.

**Figura 14** – Imagens da folha de respostas entregue ao fim do segundo momento da atividade.



Fonte: GPESig, 2018.

Percebemos, na análise dessa atividade, um processo de transformação no uso do signo. Retomando as ideias propostas na semiótica peirceana, notamos que o signo icônico, repleto de **Similaridade**, passa também a ser empregado como signo simbólico. Esse símbolo passa a ser utilizado por determinados grupos de agentes que o utilizam, portanto, como uma **Lei**. Acreditamos que o uso de modelos, quer sejam os objetos moleculares comerciais destinados à construção de moléculas, quer sejam os rudimentares, feitos de canetas e lápis, possibilitam não apenas a visualização da molécula, mas, acima de tudo, permitem que os estudantes exercitem a linguagem e falem de maneira apropriada acerca dos assuntos da química. O exercício da linguagem é, portanto, o responsável pela transformação do signo que observamos na análise dos turnos de fala dos alunos Romeu e Julieta.

Desse modo, os estudantes, que ainda não compreendem a tridimensionalidade representada num meio bidimensional, utilizam uma ferramenta material e, após o seu uso, são capazes de compreender essa tridimensionalidade simbólica. Isso ocorre, pois, a ferramenta material possibilitou aos estudantes o domínio de ferramentas culturais específicas.

A partir desse momento, a ferramenta material (o modelo molecular tridimensional) não é mais necessária ao aluno, pois ele passou a dominá-la. Acreditamos que o ocorrido com Páris e Mercúcio, dupla que entregou a atividade corretamente no primeiro momento da atividade, esteja nessa direção. Páris, realizando a disciplina pela segunda vez, poderia ter um determinado grau de domínio acerca das ferramentas culturais necessárias para a realização da atividade e, dessa forma, não considerou necessário o uso dos objetos moleculares comerciais. O estudante agora é capaz de compreender por meio da percepção visual no meio bidimensional (uma fórmula de Newman impressa no papel), o que esta representação química significa. O estudante passa a utilizar a representação como Lei e, por isso, não precisa usar o modelo concreto.

Apoiados em Gois (2017), temos que

Aqui pode-se argumentar que haverá uma relação de semelhança no momento do aprendizado dos estudantes com relação aos modelos de plástico. O fato é que essa proposição com o tempo torna-se uma regra: o estudante de fato aprende inicialmente por semelhança, mas depois ele utiliza o aprendido como uma regra (GOIS, 2017, p. 168).

O Quadro 19 exemplifica e sintetiza o que discutimos até aqui. Nele, observamos alguns turnos de fala no momento inicial da atividade e outros mais ao seu final. Fica clara a diferença nas falas de Romeu, no que diz respeito ao uso que se faz da linguagem química.

**Quadro 19** – Comparação de alguns turnos de fala de Romeu.

<b>Início da atividade</b>	<b>Final da atividade</b>
Porque aqui vai ser a primeira rotação a... rotação quando tá tudo separado vai ser maior a energia... aliás tudo junto vai ser a maior energia e aqui vai ser o... tipo quando tiver é... um metil...	E esse aqui é o carbono... aí nesse carbono aqui a gente tem três hidrogênios... entendeu? E aí aqui a gente tem um propil... esse propil tem três carbonos e... sete hidrogênios.
O de menor energia é quando tão longe... o de maior energia é quando tão perto.	Ai o... mínimo vai ser a conformação anti que vai ter menor energia que vai ter um carbono aqui e outro aqui.

Fonte: GPESig, 2018.

Por isso defendemos o uso de modelos moleculares no planejamento das aulas de graduação em Química e outros cursos que tenham relação com essa área do conhecimento,

com o objetivo de promover a melhoria da aprendizagem. É neste sentido que propomos que as representações químicas apresentam papel fundamental na elaboração de significados e, conseqüentemente, no domínio de determinadas ferramentas culturais da Química.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As observações aqui realizadas e as sugestões propostas a partir da análise do vídeo da dupla foco Julieta e Romeu podem ser generalizadas para as outras duplas foco que filmamos, mas que não foram apresentadas neste trabalho.

De modo geral, percebemos algumas etapas durante a resolução da atividade comuns a todas as duplas. Notamos também que essas etapas funcionam como degraus que tem como propósito, ou ponto de chegada, o domínio de algumas ferramentas culturais importantes dentro da comunidade de químicos. De fato, não podemos afirmar que houve alto grau de domínio dessas ferramentas culturais apenas observando as interações discursivas e a folha de respostas das duplas que analisamos durante a atividade de 2 horas. Para chegarmos a uma conclusão a respeito do grau de domínio atingido seria necessário que mais momentos fossem registrados ao longo de todo o semestre. Entretanto, esse não é o objetivo do nosso trabalho. O que buscamos compreender, e conseguimos obter de forma mais clara ao analisarmos os vídeos de Julieta e Romeu e de outras duplas de estudantes, é que, para que os alunos dominem as ferramentas culturais são necessárias algumas etapas que compõem o processo de elaboração de significados.

Notamos que a primeira etapa ocorre quando os alunos demonstram a necessidade de um meio material capaz de representar os aspectos tridimensionais e estruturais da molécula. Percebemos, em diversas duplas foco, uma primeira tentativa de resolução da atividade por meio de representações escritas no papel. Entretanto, na maioria das vezes, a resolução realizada utilizando apenas o papel não se mostrava satisfatória. Após as discussões com o uso das representações no papel e dos gestos com as mãos e na ausência de um kit ou modelo molecular específico, os graduandos procuram por conta própria alternativas que possam servir como algo que seja um modelo, o que denominamos de *demandas por tridimensionalidade*. No caso específico analisado, essa necessidade de materialidade ocorre principalmente na ocasião em que os estudantes devem entender como se relacionam a energia potencial e as conformações, representadas por meio das projeções de Newman. Existe, na primeira etapa, uma clara referência à similaridade dos signos e o que eles representam. Essa necessidade de tridimensionalidade existe menos por criar imagens mentais, ou visualizações internas, nos estudantes e mais para que eles possam, então, passar a falar de modo tridimensional, ponto de passagem para a segunda etapa do processo.

Na segunda etapa, os alunos, tendo como suporte o modelo concreto, conseguem exercer a linguagem de modo mais assertivo e, assim, passam a falar mais apropriadamente a respeito

do assunto. Nesse momento os estudantes passam a exercitar melhor a linguagem, pois acreditamos que os lápis e canetas que compõem o modelo rudimentar ou o objeto molecular comercial proporcionam um suporte para que os alunos falem adequadamente a respeito do objeto molecular, de modo que características de semelhança são importantes para que sejam utilizados termos que são considerados como regras dentro da comunidade de químicos. Assim, o exercício da linguagem se mostra mais elaborado quando eles possuem um modelo tridimensional, mesmo que não seja o objeto molecular comercial destinado à construção de moléculas. Nessa etapa, recorrer à semiótica e caracterizar os aspectos das falas dos alunos é interessante pois conseguimos notar que as expressões com aspectos de signos classificados por nós como Indicação e Lei passam a ser mais utilizadas. Isso significa que os graduandos, ao utilizarem o modelo que traga similaridade à estrutura tridimensional da molécula, passam a falar mais apropriadamente acerca dos assuntos da Química que envolvem aspectos estruturais e tridimensionais. E após o entendimento dessas questões tridimensionais (possibilitadas pela Similaridade), a linguagem dos estudantes sofre uma transformação e passam agora a utilizar signos classificados como Lei, reelaborados, contaminados de tridimensionalidade e, com isso, notamos a ocorrência de mais um passo rumo à terceira etapa do processo.

Na terceira etapa, sem ser necessário mais a manipulação do modelo tridimensional, os estudantes passam a usar a linguagem tridimensional como força de lei, como uma regra. Nesse ponto, pode-se dizer que foi atingido certo grau de domínio da ferramenta cultural. Isso significa que os alunos utilizam representações químicas mais elaboradas, ou reelaboradas, quando são auxiliados pela similaridade do modelo molecular (seja ele rudimentar ou não) e, dessa forma, a importância do uso de modelos moleculares se encontra no fato de que essas ferramentas melhoram a aprendizagem por possibilitarem justamente o trânsito entre as categorias semióticas e, ao mesmo tempo, o exercício da linguagem química dos estudantes.

Acreditamos que outra importante contribuição desse trabalho se encontra na exemplificação das características elencadas por Wertsch (1998) a respeito das propriedades da ação mediada e das ferramentas culturais. Faremos uma recapitulação daquelas que utilizamos neste trabalho, iniciando pela tensão irreduzível sempre presente entre o agente e a ferramenta cultural, propriedade central da Teoria da Ação Mediada. De fato, durante praticamente toda a atividade analisamos a dupla-foco, ou os agentes, numa tensão irreduzível com as ferramentas culturais por eles utilizadas, tais como a rotação dos grupos em torno da ligação simples específica, as representações químicas, como as projeções de Newman, as fórmulas estruturais, os nomes das substâncias e elementos. Assim, como afirma Wertsch (1998), qualquer forma de ação será muito difícil, senão impossível, de se realizar se nela não estiver envolvida uma

ferramenta cultural e um usuário habilidoso no seu manuseio. A observação que fazemos é de que a habilidade no manuseio da ferramenta cultural é alcançada conforme o agente a utiliza, isto é, ocorre o domínio da ferramenta cultural à medida que o uso da ferramenta cultural permite ao usuário mais habilidade, conforme exposto neste trabalho.

A segunda propriedade claramente observada é a de que os meios mediacionais são materiais. Essa observação é comprovada na demanda por tridimensionalidade, onde foi necessário utilizar o que se tinha disponível num primeiro momento, no caso as canetas e lápis dos próprios estudantes, na tentativa de utilizar um meio material na realização da ação. Nesse ponto é importante ressaltar que a ferramenta cultural é o uso que se faz de uma determinada ferramenta material, que neste trabalho pode ser representada pelo modelo rudimentar, pelo objeto molecular comercial e pelas representações escritas no papel. Ou seja, canetas, lápis e objetos moleculares comerciais não são as ferramentas culturais, e sim ferramentas materiais. Os usos que são feitos desses objetos, como a construção de um objeto molecular a partir das canetas, a rotação em torno das ligações e os outros usos citados ao longo do trabalho é que podem ser considerados ferramentas culturais, as quais mantêm uma forte dependência com um meio material conforme observamos em nossos dados.

A terceira propriedade da ação mediada diz respeito ao fato de que os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação. Exatamente nesse sentido, a ação só foi possibilitada, no primeiro momento, a partir do uso das canetas e lápis e, no segundo momento da atividade, com o uso do objeto molecular comercial. Isso nos leva a examinar se a quarta propriedade da ação mediada, em que Wertsch (1998) afirma que novos meios mediacionais transformam a ação, possa ser aplicada no caso específico observado durante a resolução das atividades. No nosso trabalho, entendemos que a demanda por tridimensionalidade possibilitou a ação, uma vez que essa ação ainda não existia antes do uso de um objeto material que trouxesse aspectos tridimensionais. A ação, entanto, foi pouco transformada quando foi inserido um novo meio mediacional, aqui evidenciado no momento da troca do modelo rudimentar pelo objeto molecular comercial. Foram transformações singelas, mais relacionadas à facilidade de manuseio e encaixe das peças de plástico do que transformações determinantes para provocar mudanças significativas nos três passos que verificamos. Isto é, embora o objeto molecular comercial forneça facilidades e maior praticidade quando comparado com o modelo rudimentar, ainda assim a sequência de etapas para a resolução da atividade permanece semelhante.

As quinta e sexta propriedades da ação mediada, que tratam da relação entre os agentes e os meios mediacionais do ponto de vista do domínio e da apropriação, respectivamente,



finalizam os exemplos. Como já dissemos, para afirmarmos que houve alto grau de domínio das ferramentas culturais seria necessário mais tempo e outros momentos de observações das interações dos estudantes, assim como no caso da apropriação, que visa observar o uso da ferramenta em outros contextos. Dessa forma, preferimos reconhecer que este trabalho trouxe reflexões a respeito das etapas pelas quais os estudantes passam para que possam, futuramente, atingir o domínio de determinadas ferramentas culturais da Química.

Finalmente, concluímos que o uso de modelos, quer sejam os de plástico destinados à construção de moléculas, quer sejam os rudimentares, feitos de canetas e lápis, por todas as características que citamos, tem enorme parcela de importância dentro do processo de domínio da ferramenta cultural e, dessa forma, contribuem fortemente para a elaboração de significados e na consequente melhoria do Ensino Superior.

Como sugestão para futuros trabalhos que tenham interesse em seguir nessa direção, propomos o aprofundamento na filosofia do austríaco Ludwig Wittgenstein e a ilustração por ele proposta, a dos jogos de linguagem, não tratados nesse trabalho. Com certeza as contribuições de Wittgenstein trariam melhores esclarecimentos a respeito do uso das representações químicas no processo de aprendizagem, quer seja no Ensino Básico ou no Superior, e se mostram, portanto, como um campo fértil para o desenvolvimento de pesquisas na área da elaboração de significados.

## REFERÊNCIAS

ADELL, E. A. A. **A questão de Molyneux em Diderot**. 2010. 118f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da representação estrutural no ensino superior de química**. 2009. 228f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARDAC, D.; AKAYGUN, S. Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. **International journal of science education**, v. 27, n. 11, p. 1269-1298, 2005.

BAKHTIN, M. M. **The dialogic imagination: Four essays by M. M Bakhtin** (M. Holquist, ed.; C. Emerson & M. Holquist, trans.). Austin: University of Texas Press, 1981.

BALABAN, A. T. Visual chemistry: Three-dimensional perception of chemical structures. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 251-255, 1999.

BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.

BENTO DOS SANTOS, C. A.; CURI, E. Registros de representação semiótica e suas contribuições para o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, 2012.

BEN-ZVI, R.; EYLON B.; SILBERSTEIN J. Students' visualization of a chemical reaction. **Education in chemistry**, v. 24, n. 4, p. 117-120, 1987.

BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4ª ed. v. 1. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

BURKE. K. **Language as symbolic action**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1966.

CALDEIRA, A. M. A.; SILVEIRA, L. F. B. O processo evolutivo: uma análise semiótica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 5, n. 1, p. 95-100, 1998.

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. **Research in science education**, v. 38, n. 4, p. 463-482, 2008.

CLARK, J. M.; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational psychology review**, v. 3, n. 3, p. 149-210, 1991.

COOK, M. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science education**, v. 90, n. 6, p. 1073-1091, 2006.

\_\_\_\_\_; WIEBE, E. N.; CARTER, G. The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. **Science Education**, v. 92, n. 5, p. 848-867, 2008.

COPOLO, C. E.; HOUNSHELL, P. B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. **Journal of science education and technology**, v. 4, n. 4, p. 295-305, 1995.

DALLEMOLE, J. J.; GROENWALD, C. L. O.; RUIZ, L. M. Os registros de representação semiótica no estudo da reta com enfoque na geometria analítica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 149-178, 2011.

DE BRITO REZENDE, D.; WARTHA, E. J. The levels of representation in the teaching of chemistry and the categories of Peirce's semiotics. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

DE VASCONCELOS, F. C. G. C.; ARROIO, A. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química. **Quim. Nova**, v. 36, n. 8, p. 1242-1247, 2013.

EVANS, K. L.; YARON, D.; LEINHARDT, G. Learning stoichiometry: a comparison of text and multimedia formats. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 9, n. 3, p. 208-218, 2008.

FERK, V; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A.; GRIL, A. Students' understanding of molecular structure representations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 10, p. 1227-1245, 2003.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualizações no ensino de química: concepções de professores em formação inicial. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Teacher's education and the use of visualizations in chemistry instruction. **Problems of Education in the 21st Century**, v. 16, p. 48-53, 2009.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; REZENDE, D. B. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. **Química Nova**, v. 34, n. 9, p. 1661-1665, 2011.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to Piagetian level. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 17, n. 1, p. 75-81, 1980.

GARCIA LANDA, J. A. *Pantallas terminológicas*. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2673978](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2673978)>. Acesso em: 04 jan. 2017.

GIBIN, G. B. As dificuldades de compreensão sobre o conceito de solução representado em nível submicroscópico por estudantes latino-americanos. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 1, n. 1, p. 72-81, out., 2015.

\_\_\_\_\_; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Quim. Nova**, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.

GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands, p. 9-27, 2005.

\_\_\_\_\_; REINER, Miriam; NAKHLEH, Mary (Ed.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education. Models and Modelling in Science Education**. Springer, 2008.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Unijuí, 2008.

\_\_\_\_\_; GÓIS, J. Constructor of molecular objects: an interface for creation and visualization in computing environments. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 0001-4, 2005.

\_\_\_\_\_; SILVA-NETO, A. B.; AIZAWA, A. Relações entre Gestos e Operações Epistêmicas Mediadas pela Representação Estrutural em Aulas de Química e suas Implicações para a Produção de Significados. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. Especial, p. 82-94, 2015.

GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands, p. 73-90, 2005.

GOIS, J. **Filosofia do Ensino de Ciências: Significação e Representações Químicas**. Ijuí: Unijuí, 2017.

\_\_\_\_\_. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein**. 2012, 278f. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

\_\_\_\_\_. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química**. 2007. 173 f.. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Química) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

\_\_\_\_\_; GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 7, p. 34-42, 2007.

GORRI, A. P. **Análise semiótica de representações moleculares na comunicação de conhecimentos sobre ácidos e bases em livros-texto de química orgânica: primeira e segunda tricotomia peirceana.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2014.

HABRAKEN, C. L. Integrating into chemistry teaching today's students's visuospatial talent and skills, and the teaching of today's chemistry's graphical language. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 1, p. 89-94. 2004.

HOFFMANN, R.; LASZLO, P. Representation in chemistry. **Angewandte Chemie International Edition in English**, v. 30, n. 1, p. 1-16, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of chemical education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

\_\_\_\_\_. Why is Science difficult to learn? Things are seldom that what they seem. **Journal of computer assisted learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.

\_\_\_\_\_. Macro and microchemistry. **The school Science review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

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

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.

KLEIN, U. **Tools and modes of representation in the laboratory sciences.** Springer Science & Business Media, 2001.

KOZMA, R. B. Learning with media. **Review of educational research**, v. 61, n. 2, p. 179-211, 1991.

\_\_\_\_\_; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of research in science teaching**, v. 34, n. 9, p. 949-968, 1997.

\_\_\_\_\_; RUSSELL, J. Students becoming chemists: Developing representational competence. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands. 121-145. 2007

KRAJCIK, J. S. Developing students' understanding of chemical concepts. **The psychology of learning science**, p. 117-147, 1991.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; MARX, N; CHIN, E. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 9, n. 2, p. 105-143, 2000.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_; JONES, T.; DAVIS, J. The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In: **Based on presentations at the NATO Symposium on International Perspectives on the Psychological Foundations of Technology-Based Learning Environments, Crete, Greece, Jul 1992, and at the 5th EARLI Conference, Aix-en-Provence, France, Sep 1993**. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1996.

LABARCA, M. Acerca del triangulo de Johnstone: algunos comentarios filosóficos. Caderno de resumos da **1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group**, p. 101, 2010.

LABURÚ, C. E.; DA SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2016.

LARKIN, J. H.; SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. **Cognitive science**, v. 11, n. 1, p. 65-100, 1987.

LIU, H.-C.; ANDRE, T.; GREENBOWE, T. The impact of learner's prior knowledge on their use of chemistry computer simulations: A case study. **Journal of Science Education and Technology**, v. 17, n. 5, p. 466-482, 2008.

MACHADO, A. H. **Aula de química: discurso e conhecimento**. Editora Unijuí, 1999.

MACHADO, E. S. A. **Semiose da Representação Estrutural de van't Hoff e suas implicações no Ensino de Química**. Rio de Janeiro, 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MARSON, G. A.; TORRES, B. B. Fostering multirepresentational levels of chemical concepts: a framework to develop educational software. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 12, p. 1616-1622, 2011.

MARTINS, I. Dados como diálogo—Construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**, v. 2, p. 297-321, 2006.

MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 19-21, 1996.

\_\_\_\_\_; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

NOH, T.; SCHARMANN, L. C. Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. **Journal of research in science teaching**, v. 34, n. 2, p. 199-217, 1997.

NÖTH, W. **Panorama da semiótica: de Platão a Peirce**. São Paulo: Ed. Annablume (4ª ed), 2003.

NYE, M.J. **From chemical philosophy to theoretical chemistry**. Berkeley, CA: University of California Press. 1993.



OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. **Information Technology and Libraries**, v. 12, n. 2, p. 246-248, 1993.

PALACIOS, F. J. P.; GARCÍA, J. J. G. ¿ Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas?. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 3, 2006.

PASELK, R. J. Visualization of the abstract in general chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 3, p. 225-226, 1994.

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

PELLEGRINET, Silvina C.; MATA, Ernesto G. A set of hands-on exercises on conformational analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 1, p. 73-74, 2005.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 1, 2012.

REGO, T. C. **Vigotski: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 16ª ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

REZENDE, F. S.; QUEIROZ, S. L. **Química estrutural: conhecendo os caminhos que levaram ao seu desenvolvimento**. 2005.

RIEBER, L. P. Animation as feedback in a computer-based simulation: Representation matters. **Educational technology research and development**, v. 44, n. 1, p. 5-22, 1996.

ROZZELLE, A. A.; ROSENFELD, S. M. Stereoscopic projection in organic chemistry: Bridging the gap between two and three dimensions. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 12, p. 1084, 1985.

RUSSELL, J. W.; KOZMA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to

enhance the teaching and learning of chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 3, p. 330-334, 1997.

SALVADEGO, W. N. C. **Interpretação das gesticulações dos estudantes no laboratório de química baseada na semiótica de Peirce**. 2015. 167f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica?** São Paulo: Brasiliense, 1983.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 7, 2005.

SAWYER, B. A. Concept learning versus problem solving: Revisited. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 3, p. 253, 1990.

SCALCO, K. C. **Estudos das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem**. 2014. 179 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.

\_\_\_\_\_; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Representações Presentes nos Livros Didáticos: Um Estudo Realizado para o Conteúdo de Ligação Iônica a Partir da Semiótica Peirceana. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 134-142, 2015.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. supl 1, p. 14-24, 2002.

SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. The importance of visual literacy in the education of biochemists. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 34, n. 2, p. 94-102, 2006.

SMITH, K., METZ, P. Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 3, p. 233, 1996.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX.** 2012. 189p. Tese – Programa de Pós-Graduação em Química. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

\_\_\_\_\_; PORTO, P. A. Elementos da semiótica peirceana na educação em Química: considerações e possibilidades. 2010.

SRINAVASAN, A. R.; OLSON, W. K. Viewing stereo drawings. **Journal of Chemical Education**, v. 66, n. 8, p. 664, 1989.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TERUYA, L. C; MARSON, G. A.; FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 561-569, 2013.

TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.

TUCKEY, H.; SELVARATNAM, M.; BRADLEY, J., Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. **Journal of Chemical Education**, v. 68, n. 6, p. 460, 1991.

TURNER, K. E. A supplemental course to improve performance in introductory chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 11, p. 954, 1990.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente.** Martins Fontes. 1994.

\_\_\_\_\_. **Mind in society harvard university press.** Cambridge, MA, 1978.

WARTHA, E. J. **Processos de ensino e aprendizagem de conceitos de Química Orgânica sob um olhar da Semiótica Peirceana**. 2013. 239f. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

WERLE DE ALMEIDA, L. M.; PESSOA DA SILVA, K. A. Semiótica e as ações cognitivas dos alunos em atividades de Modelagem Matemática: um olhar sobre os modos de inferência. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 3, 2012.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. New York, USA: Oxford Univ. Press, 1998.

WU, H. -K. Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. **Science Education**, v. 87, n. 6, p. 868-891, 2003.

\_\_\_\_\_; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science education**, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.

\_\_\_\_\_; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of research in science teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

## ANEXO A

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa “Elaboração de significados na formação de professores de Química” sob responsabilidade do pesquisador Jackson Gois da Silva. O estudo será realizado com filmagem de alunos de graduação em situação de aprendizagem e atividades escritas, para compreender como esses alunos se apropriam de expressões sobre temas centrais da Educação em Química. Haverá um risco para saúde emocional caracterizado por constrangimento de ser filmado na sala de aula. Você poderá consultar o pesquisador responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo e, estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato destes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações para a melhoria do ensino superior de Química. O material em vídeo cedido será armazenado e você poderá ser chamado para dar a sua autorização para novo(s) projeto(s).

Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, coloque sua assinatura a seguir e forneça os dados solicitados.

Nome: \_\_\_\_\_ R.G. \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Fone: \_\_\_\_\_

São José do Rio Preto, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

\_\_\_\_\_  
Usuário ou responsável legal

\_\_\_\_\_  
Pesquisador(a) responsável

OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao usuário ou seu representante e a outra ao pesquisador

Nome Pesquisador: JACKSON GOIS DA SILVA	Cargo/Função: Professor Assistente Doutor
Instituição: UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jardim Nazareth – São José do Rio Preto – SP	
Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP (CAAE 42634815.3.0000.5466)	
São José do Rio Preto – fone 17-3221.2428/2563 e 3221.2482	

**ANEXO B****Atividade realizada durante a coleta de dados****QUÍMICA ORGÂNICA I – Curso: Química****Nome:** \_\_\_\_\_ **08/05/2017**

1. Representar um diagrama qualitativo de energia potencial da rotação em torno da ligação C3-C4 do 2-metil-pentano. Mostre as projeções de Newman de todas as conformações correspondentes aos máximos e mínimos. Não se preocupe com o valor numérico real das variações de energia, mas identifique todos os máximos e os mínimos com as conformações apropriadas.
2. (a) Represente a estrutura do 4-etil-3,4-dimetil-5-(1-metil-etil)-octano. (b) Desenhe as estruturas que representem a rotação em torno da ligação C6-C7. Correlacione as estruturas que você desenhou com um diagrama de energia potencial. Compare os resultados com a rotação da ligação C2-C3 do butano. Justifique a sua resposta!

## TERMO DE REPRODUÇÃO XEROGRÁFICA

Autorizo a reprodução xerográfica do presente Trabalho de Conclusão, na íntegra ou em partes, para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, 15, 08, 18

Adriano Pozzo Maiorali

Assinatura do autor