

Modelos e Representações em Química Orgânica no Ensino Superior: Contribuições da Epistemologia de Mario Bunge

Ana Paula Gorri* (PG)

*apgorri@gmail.com

Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica

Palavras-Chave: modelos, representações moleculares, ensino química orgânica

Resumo: Tanto os modelos quanto as representações são elementos centrais do conhecimento químico, sendo estes frequentemente mobilizados e articulados a fim de apreender e comunicar a realidade química. Entretanto, a maneira com que essas representações vêm sendo articuladas e aproveitadas ainda carecem de aprofundamentos e reflexões. Neste contexto, procuramos neste trabalho, evidenciar contribuições da epistemologia de Mario Bunge para elaborar compreensões mais fundamentadas acerca dos modelos e, especificamente, das representações moleculares. Assim, a partir de pesquisa previamente realizada, onde analisou-se 4 livros-texto de química orgânica, utilizados no Ensino Superior, quanto as utilizações dessas representações na comunicação de conhecimentos introdutórios sobre ácidos e bases, procuramos contrapor algumas lacunas apresentadas nessas utilizações com perspectivas emergidas da leitura epistemológica citada. Como veremos, a articulação da teoria bungena com as problemáticas encontradas – principalmente os equívocos oriundos de compreensões ingênuas – auxilia em alternativas para novas abordagens pedagógicas e novas formas de ensinar e construir conhecimentos químicos.

MODELOS E REPRESENTAÇÕES NA LINGUAGEM DA QUÍMICA: PRIMEIROS OLHARES

A química é considerada uma ciência complexa, tanto em relação à sua compreensão quanto ao seu ensino. Uma das dimensões responsáveis por tal fato é a sua linguagem singular, utilizada como meio para apreender e comunicar a realidade química (LASZLO, 1995; ROQUE; SILVA, 2008; HOFFMANN, 2007).

Segundo Habraken (1996), a química evoluiu de um conhecimento profundamente baseado em linguagem algébrica e verbal, característica das demais ciências, para uma linguagem pictórica internacional, na qual a percepção sobre o universo de partículas atômicas, moleculares e supramoleculares depende de memória, imaginação e processamento mental das informações visuais. Em grande parte, são os modelos que possibilitam o acesso e a articulação de inúmeros fenômenos e entidades químicas inacessíveis.

Para Gilbert (2005), os modelos são parte do processo da construção de um real baseado em abstrações oriundas de teorias produzidas para compreensão da realidade e, empregadas em explicações científicas dos fenômenos. Eles – os modelos – são para o autor, uma ponte entre a teoria científica – realidade científica – e o mundo. Melo e Neto (2010), destacam que a utilização de modelos na construção da ciência, bem como no seu ensino, não é algo recente. Sabe-se que desde Galileo os modelos são utilizados para fornecer explicações e fazer previsões e, conseqüentemente, auxiliar no desenvolvimento do pensamento científico. Indo de encontro com a compreensão de modelos exposta, Nersessian (1999) coloca que os modelos são a principal ferramenta na construção da Ciência. Seu emprego é fundamental no processo de pesquisa científica, pois, participa do processo natural da aquisição de conhecimento, sendo “inerente ao pensamento de todas as pessoas, cientistas ou leigos, mesmo que com graus de organização e complexidade diferentes” (FERREIRA E JUSTI, p. 32, 2008).

No âmbito dos conhecimentos químicos, os modelos ganham destaque ao possibilitar representações do mundo macro ao mundo submicroscópico molecular.

Segundo Laszlo (1995), os modelos utilizados na química, denominado por ele de “modelo-químico”, permite que seja explicado tanto o visível pelo invisível, quanto o invisível pelo visível.

Em especial, é na química orgânica que os modelos e representações encontram uma ampla atuação, ao passo que os mesmos são considerados os principais meios para comunicar os conhecimentos desta subárea de química. Segundo Goodwin (2010), a química orgânica proporciona um terreno fértil para o estudo e a compreensão do papel das representações imagéticas no discurso científico. As representações são consideradas muito mais do que auxiliares heurísticos para expressar ou aplicar as funções de uma teoria linguística, e entre os vários tipos de representações presentes na linguagem da química orgânica, as representações estruturais são as mais importantes. Para o autor, as representações estruturais são resultados da evolução das sistematização de conhecimento, embasado em normas e convenções e, desempenham importantes papéis no pensamento do químico orgânico.

Uma vez que muitos dos modelos são materializados por meio de representações imagéticas, se faz necessário que o sujeito articule algumas capacidades cognitivas a fim de compreender e articular-se por meio deles. Assim, ao discutirmos a questão da aprendizagem dos conhecimentos químicos por meio de modelos, espera-se que o estudante de química, e conseqüentemente o químico, desenvolvam competências que possibilitem interpretar as inúmeras representações encontradas em livros didáticos, no cotidiano de laboratório e, também, na sala de aula. Essas habilidades, inerentes ao olhar e ao pensamento químico, são denominadas de “competências representacionais”. (KOZMA, 1999; 2000; KOZMA; RUSSELL, 1997).

É importante pontuar que, no processo de construção de tais competências, o papel do professor é primordial. Teruya e colaboradores (2013) destacam a importância do professor em elucidar as representações utilizadas nos processos de ensino. Por exemplo, indagar os estudantes sobre a definição do que é uma representação, bem como sobre o que são as estruturas moleculares para a química. Muitas vezes, a falta de compreensão do próprio conceito de representação pode ocasionar concepções inadequadas nos estudantes, como, por exemplo, a identificação da representação como o próprio objeto a ser representado.

Mesmo as representações imagéticas tendo grande importância, tanto na construção dos conhecimentos químicos, quanto nos processos de ensino e aprendizado, segundo Scönborn e Anderson (2006), dificilmente questões relacionadas às habilidades representacionais são discutidas ou desenvolvidas, de modo consciente, pelos professores em suas aulas. Os autores pontuam que, em parte isso se deve, à concepção errônea de que tais habilidades representacionais são adquiridas automaticamente, por meio da ação do sujeito com seu meio, bem como pela falta de formação e posicionamento dos professores perante tal discussão.

Como colocam Teruya e colaboradores (2013), em muitos casos, os próprios professores apresentam dificuldades para decodificar os conhecimentos químicos por meio de modelos e linguagens representacionais. Sejam estes – modelos e representações – veiculados por meio de hipermídias, simuladores, ou livros. Tais fatores acabam refletindo pontualmente no aprendizado de seus estudantes, materializando-se em má compreensão sobre o conceito e os conhecimentos que permeiam modelos e representações na apreensão e comunicação da realidade química.

Alguns dos desafios presentes no processo de aprendizado dos conhecimentos sobre ácidos e bases são trazidos por Fernandez e colaboradores (2008) ao

apontarem: i) dificuldades de estudantes justificarem as forças de ácidos e bases por meio da linguagem representacional; ii) equívoco de origem ontológica ao compreender ácidos representados em nível submicroscópico como os objetos da realidade, e não uma representação; iii) não diferenciação dos conceitos de ionização e dissociação por meio de representações dentro da teoria de ácido-base de Brønsted-Lowry. (CALLONE e TORRES, 2013) e; de maneira geral, iv) dificuldades em transitar entre os diferentes níveis de representação sobre um mesmo objeto do real da química devido à falta de compreensão de como interpretar as imagens GILBERT, 2005); dentre outros.

Observando esse fato, Gois e Giordan (2008) apontam que é necessário, durante o processo de formação de professores de química, que estes se apropriem dos mecanismos desta linguagem e sejam capazes de compreender e construir significados por meio das diferentes representações, e conseqüentemente, por meio de diferentes modelos. É importante destacar que, muito além da compreensão dos conceitos sobre modelos e representações, é importante entender o modo com que os mesmos relacionam-se entre si no âmbito dos conhecimentos químicos.

Diante do exposto, a fim de contribuir para soluções de problemáticas presentes nos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos e dos conhecimentos que permeiam os modelos e as representações na comunicação do mundo submicroscópico da química. Buscaremos na epistemologia bungeana, esclarecimentos para pensarmos as representações moleculares utilizadas no processo de ensino de conhecimentos introdutórios sobre ácidos e bases em livros-texto de Química Orgânica.

Através das lentes da Epistemologia Bungeana: Um Olhar Sobre o Mundo Submicroscópico da Química

Os conhecimentos construídos pela Ciência utilizando-se de modelos para apreender e representar com mais rigor o real, foram um dos pilares centrais para o desenvolvimento científico e tecnológico que conhecemos hoje. E, conseqüentemente, como pontua Moreira (2007), tal desenvolvimento também contribuiu para a evolução das teorias científicas, possibilitando técnicas – de medidas, quantificação, etc. - cada vez mais sofisticadas.

Dentro de uma compreensão de mundo na qual existe um mundo externo, independente de nós e onde o acesso direto e total ao mesmo não é possível. Bunge (1974), propõe o processo de modelização como uma das formas de ter acesso e apreender tal mundo. O autor coloca que a construção de modelos conceituais pode, por si só, fornecer uma imagem simbólica do real. E que, qualquer outro caminho – como a razão pura, a intuição e a observação – leva ao fracasso (BUNGE, 1974).

Segundo Bunge (1974),

a conquista da realidade começa por idealizações: extraem-se os traços comuns de indivíduos diferentes, agrupando-os em espécies: nasce o objeto modelo ou modelo conceitual de uma coisa ou um fato. Mas se faz necessário inserir este objeto modelo em uma teoria, isto ocorre atribuindo-lhe propriedades suscetíveis de serem tratadas por teorias. É preciso imaginar um objeto dotado de certas propriedades que, amiúde, não serão sensíveis. O modelo conceitual negligenciará numerosos traços das coisas e afastará as características que individualizam os objetos. Se um dado modelo não oferece os detalhes que interessam, poder-se-á em princípio complicá-lo. A formação de cada modelo começa por simplificações, mas a sucessão histórica dos modelos é um progresso de complexidade” (BUNGE, p.13-14, 1974).

Exemplificando o que seria a relação entre o objeto-modelo, o modelo teórico, e as teorias gerais, Pietrocola (1999) coloca que:

Quando suposições e dados especiais respeitantes a um corpo particular [objeto-modelo] são associados à mecânica clássica e à teoria clássica da gravitação [teorias gerais], produz-se uma teoria especial [modelo teórico] sobre esse corpo. Temos deste modo teorias lunares, teorias sobre Marte, teorias sobre Vênus, e assim por diante (Bunge, 1973, p. 54). Bunge coloca que esse processo teórico objetiva a interpretação de parte da realidade. Por ser sempre complexa, sua aproximação deve então ser obtida inicialmente através de simplificações (idealizações), onde classes de indivíduos equivalentes são elaboradas. Aos elementos pertencentes a essas classes atribui-se propriedades e características, que poderão então ser tratadas pelas teorias. Temos o nascimento dos elementos conceituais (ou objetos-modelo), que serão enxertados em teorias gerais e gerarão teorias específicas sobre o domínio real em foco (PIETROCOLA, 1999, p.223).

Como pontuado por Pietrocola (2009), os objetos-modelos necessitam ser enxertados em uma teoria geral, caso contrário os mesmos nada irão dizer sobre a parte da realidade em questão. O modelo teórico, por sua vez, é a mediação entre a teoria geral e o objeto-modelo – tendo como produto um sistema hipotético dedutivo. Desta forma, Machado (2009) pontua que por meio do modelo teórico é possível representar tanto o comportamento, quanto os mecanismos internos do objeto-modelo a partir da teoria geral.

Levando as discussões sobre modelos para pensarmos o modo de apreensão e comunicação do mundo submicroscópico da química, podemos compreender as representações moleculares como sendo os objetos-modelos descritos por Bunge (1974). Mais especificamente, podemos definir as representações moleculares como sendo objetos-modelos do tipo modelo icônico. Tal compreensão se justifica ao passo que as representações moleculares são entidades físicas imagéticas, constituídas com base em um modelo teórico, pautado em uma teoria específica – teoria atômica-molecular – que por sua vez se estrutura em uma teoria geral – teoria atômica. Assim, dentro deste contexto, podemos compreender as representações imagéticas como sendo expressões de modelos.

Ainda, é importante destacar que, ao passo que as representações não são os objetos da realidade, mas sim recordes dos mesmos, se torna possível – e em grande parte indicado, ao pensar no ensino – a utilização de diferentes formas de representar um mesmo objeto. Isto se deve ao fato das representações serem compreendidas por Bunge (1974) como uma relação em que “um mesmo sistema pode ser representado por um número de modos não-equivalentes, conforme a informação disponível e as ferramentas analíticas à nossa disposição e conforme nosso objetivo imediato” (BUNGE, 1974, p.193,). Em suma, a teoria para Bunge (1974) não retrata diretamente à realidade, nem se refere diretamente à ela. Mas, se refere ao objeto-modelo que origina uma determinada representação convencional e próxima da realidade. Este modelo foi preparado usando o editor de texto MS-Word. Para a elaboração do artigo devem ser rigorosamente respeitados os padrões estabelecidos nos próximos parágrafos.

EPISTEMOLOGIA BUNGEANA E AS REPRESENTAÇÕES MOLECULARES: IMPLICAÇÕES E CONTRIBUIÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Como já colocado, o uso de modelos e representações é amplamente utilizados no processo de apreensão e comunicação do mundo submicroscópico da química, em especial, da química orgânica. Conseqüentemente, a compreensão e o uso adequado dos mesmos se fazem ainda mais necessários nesta subárea da química.

Desta forma, buscando apresentar contribuições da epistemologia bungeana para o ensino de química por meio do uso de representações moleculares, traremos para debate alguns dos resultados obtidos em uma pesquisa anterior sobre o modo com o qual quatro livros-textos de Química Orgânica (tabela 1), utilizados na formação inicial do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Santa Catarina – também dentre outras Universidade – articularam o uso de modelos e representações na comunicação dos conhecimentos sobre ácidos e bases (GORRI, 2014).

Tabela 1 Livros-texto de Química Orgânica

	Nome da Obra	Autores (as)	Edição	Volume	Ano
Livro 1	Química Orgânica	Morrison e Boyd	6 ^a	único	1978
Livro 2	Química Orgânica	Solomons e Fryhle	8 ^a	I	2005
Livro 3	Química Orgânica	Bruice	4 ^a	I	2006
Livro 4	Química Orgânica Combo	McMurry	7 ^a	único	2011

Como já pontuado, o debate sobre modelos e representações no âmbito da química orgânica, se deve pelas próprias características da linguagem e do conhecimento desta subárea da química. Já a escolha pelo conteúdo, se faz pertinente tanto pelo dos conhecimentos sobre ácidos e bases seres estruturadores de muitos outros conhecimentos e, quanto pelo fato da existência de diferentes problemáticas nos processos de ensino e aprendizagem relacionados aos mesmo.

Na pesquisa que trazemos para diálogo (GORRI, 2014), foi constatado que em média 94% dos elementos não textuais, utilizados no processo de comunicação sobre os conhecimentos introdutórios de ácidos e bases por meio dos livros-textos selecionados, são correspondente são uso de representações moleculares. Os 6% restantes estão distribuídos entre os usos de gráficos, expressões matemáticas e fotografias, com 3%, 2% e 1%. Esta constatação, reafirma a relevância da utilização das representações ou dos objetos-modelos – numa compreensão bungeana – em processos de ensino na química orgânica, e conseqüentemente aumenta a necessidade e importância de se articular as mesmas de maneira adequada.

Porém, mesmo sendo significativa a presença das representações moleculares em todos os livros analisados, foi identificado que decorrer dos textos destinados à

introdução dos conhecimentos sobre ácidos e bases, não ocorre a discussão sobre os conceitos de modelos e representações e também, não existe uma articulação entre o texto e as representações imagéticas a fim de apresentá-las enquanto tais – enquanto representações de determinado objeto da realidade molecular. Tais ações podem contribuir pontualmente para concepções equivocadas sobre os conceitos e os conhecimentos que permeiam os modelos e representações, bem como gerar concepções realistas ingênuas sobre os mesmos. Como foi o caso de alguns dados emergidos da pesquisa supracitada (GORRI, 2014). Por meio dela, identificou-se inúmeras situações em que o uso de representações moleculares foi articulado de modo a permitir a compreensão das representações como sendo o próprio objeto da realidade.

Duas destas situações podem ser encontradas não brados autores Solomons e Fryhle (2005, p.89) e na de McMurry (2011, p.55). Na primeira, os autores trazem na introdução do capítulo sobre ácidos e bases que: “A reação que a anidrase carbônica catalisa é a seguinte” para se apresentar um conjunto de representações moleculares acompanhado de setas, sinais matemáticos e números. Já na segunda (fig. 1), o autor utiliza de um conjunto de representações moleculares a fim de trazer para o leitor diferentes exemplos de bases de Lewis.

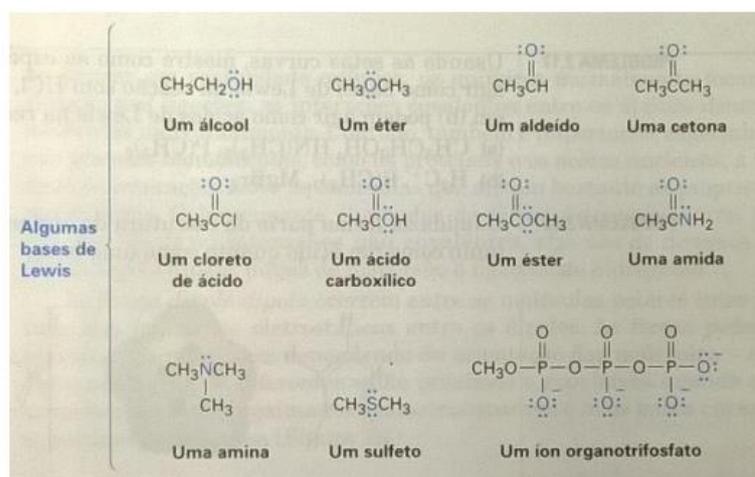


Figura 1 Conjunto de representações de ácidos de Lewis

Em ambos os exemplos (como em outros casos no decorrer das páginas analisadas), não se é discutido os processos representacionais envolvidos, pelo contrário, como vimos, no primeiro caso, ocorre a indicação direta de uma representação como ela sendo a própria “reação” em questão. Desta forma, o próprio conceito de representação fica deslocado, podendo levar os estudantes a construírem conhecimentos equivocados ao compreender a representação como sendo o próprio objeto. No segundo exemplo, além dos pontos já trazidos com o exemplo anterior, é interessante observar a utilização do pronome indefinido “um” à frente de cada base. Tal articulação entre o textual e o imagético se torna até contraditório: mesmo na tentativa de generalizar um objeto por meio de uso de representações, acabou-se apresentando a mesma como um objeto singular.

Nos dois casos, o processo de ensino utilizando-se de representações moleculares de maneiras inadequadas interfere pontualmente na compreensão dos

conhecimentos que permeiam a compreensão dos conteúdos sobre ácidos e bases, desencadeando muitas das dificuldades dos estudantes apresentadas anteriormente (FERNANDEZ et al, 2008; CALLONE e TORRES, 2013; GILBERT, 2005). Em especial, destacamos o fértil terreno para o desenvolvimento de compreensões inadequadas devido à origem ontológica. Como exemplo, trazemos a pesquisa de Torres e colaboradores (2009) que, dentre outras análises, identificaram estudantes categorizando os ácidos em nível submicroscópico como objetos e não como sistemas de interação devido a falta de compreensão sobre a linguagem representacional.

Outros dois casos relacionados a problemas no aprendizado devido à concepções ingênuas da realidade, são os padrões sígnicos utilizados nas representações moleculares das obras da autora Bruice (2006) e Morrison e Boyd (1978). No primeiro caso, a autora Bruice (2006) optou por utilizar, majoritariamente, apenas dois tipos de representações. Uma do tipo letra/letra e a outra letra/bastão quando a substância tem ligação dupla (fig.2).



Figura 2 Representações dos tipos letra/bastão e letra/bastão

Semelhantemente, no segundo exemplo, o autor Morrison e Boyd (1978) também utilizou apenas dois tipos de representações moleculares, sendo estas dos tipos letra/letra e letra/bastão. Em ambos os casos, a pouca exploração do uso de diferentes tipos de representações estimula o aluno a assumir, novamente, a representação como sendo o próprio objeto da realidade. Neste ponto, a obra do autor McMurry destacou-se em articular diferentes tipos de linguagens representacionais a fim de representar um mesmo objeto. Em uma mesma composição de imagem, chega a ter três tipos de representação para uma mesma substância. Como é o caso das imagens trazidas na figura 2, ao passo que podam-se encontrar representações dos tipos M.P.E., bola/bastão e letra/bastão (MCMURRY, 2011, p. 45).

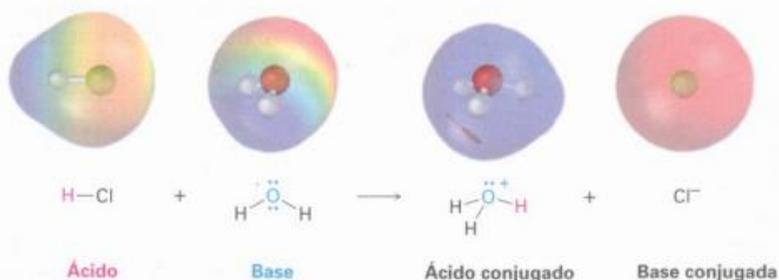


Figura 3 Diferentes tipos de representações moleculares para um mesmo objeto

Porém, a mesma obra, articulou representações baseadas em modelos clássicos e quânticos sem maiores explicações e problematizações da maneira que

dever-se-ia interpretar as mesmas. Pelo contrário, ao apresentar uma reação utilizando-se tais modelos, deu a seguinte recomendação para o leitor/estudantes: “Olhe atentamente a reação ácido-base na figura 2.5 e observe como ela está mostrada” (p.54). Neste contexto, o autor exprime uma concepção em que as imagens falam por si, e que basta o estudante observar para que as informações inerentes à elas “entrem” na cabeça do mesmo – problemáticas estas que podem ser discutidas num próximo trabalho, por meio de leituras de pensadores da linguagem.

Diante do exposto, como apontado anteriormente, acreditamos que a articulação da epistemologia de Bunge, tanto para a leitura e identificação das problemáticas, quanto para propor soluções para as mesmas, pode contribuir de diferentes maneiras para o ensino de ciências, e neste caso, contribuir especificamente para o ensino em química orgânica quando a problemática está relacionada com concepções ingênuas da realidade, e conseqüentemente, as dificuldades relacionadas à compreensões sobre modelos e representações, e os conhecimentos que envolvem as mesmas.

Ao se compreender que as representações científicas – os objetos-modelos – sobre o mundo real são oriundas de modelos teóricos, e que tais modelos enfocam apenas certos aspectos deste real. Ou seja, compreender o realismo da ciência sobre as lentes da epistemologia bungeana permite construir concepções que se

contrapõem ao realismo ingênuo que afeta o ensino sem, no entanto, ceder às sedutoras teses do construtivismo radical, para o qual nada existe fora do sujeito. Desta forma, é possível pensar a ciência como um meio de produzir boas representações da realidade, mas com domínio de validade limitada. Neste sentido, os modelos teóricos são representações hipotéticas e aproximadas da realidade, embora racionais e não arbitrárias (CUPANI; PIETROCOLA, 2002, p.122)

Muito além das contribuições para questões de aprendizados de origem ontológicas, o ensino de ciências em diálogo com conhecimentos epistemológicos, em especial os relacionados à epistemologia de Bunge, são amplamente recomendados. Como colocam Cupani e Pietrocola (2002), ao passo que gera um campo amplo de possibilidades pedagógicas, é fecunda uma discussão epistemológica como aporte para o ensino das ciências naturais. As contribuições vão desde deixar mais explícito a relação dos conhecimentos científicos com a realidade, até na compreensão de como apreender um real que não nos é sensível aos sentidos.

É importante pontuar que, muitos dos exemplos apresentados anteriormente são práticas educacionais que, muitas vezes, também se fazem presentes no próprio discurso do professor em suas aulas. Dessa forma, apenas a compreensão adequada dos processos representacionais fará o professor identificar possíveis equívocos conceituais, sejam em sua prática, ou em outros meios de ensino – como os livros-texto. A partir desse reconhecimento, o professor poderá modificar tanto o desenvolvimento de suas aulas, quanto complementar e auxiliar o processo de ensino de tais conhecimentos presentes em diferentes livros-textos – instrumentos estes utilizados tão amplamente nos processos de ensino no ensino superior.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Por meio do exposto, reconhece-se a importância da epistemologia de Bunge para problemáticas e desafios encontrados em processos de ensino de conhecimentos químicos por meio de modelos e representações científicas. Em particular, esperamos ter contribuído para a construção de alternativas de como auxiliar na construção e, articulação de representações moleculares sem cair em concepções ingênuas sobre a realidade. Como buscou-se apresentar, a inserção da epistemologia bungeana como um dos pilares principais na construção de conhecimentos referentes aos modelos e representações, pode contribuir desde a compreensão mais holística de todo processo de formação dos conhecimentos científicos, o uso adequado dos mesmos no processo de apreensão da realidade, até a possibilidade de deixar a aula de química mais instigante para os estudantes.

Esperamos por fim, que este trabalho possa ter contribuído para se pensar novas práticas de ensino ao trabalharmos com os diferentes modelos e representações que fazem parte da química orgânica. Afinal, enquanto em seu processo de ensino as representações moleculares já não se são tratadas como tal, como no processo de aprendizado esperamos que elas passam a ser.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991.312f. Tese Doutorado (em Educação) - Universidade de São Paulo, 1991.

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

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974

CALLONE, C.; TORRES, N. ¿Por qué las representaciones semióticas pueden ser obstáculos para la comprensión? Um estudo em el tema ácido-base. **Didática de la Química**, Educación Química, p. 288-297, 2013.

CUPANI, A. & PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, p.100-125, jun. 2002. Número especial.

FERREIRA, P. F. M., JUSTI, R. S. Modelagem e o fazer ciência. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 28, p.32-36. 2008.

GOIS J.; GIORDAN M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Cadernos Temáticos Química Nova na Escola**, São Paulo, n.7, p. 34-42, dez. 2007.

Goodwin, W.; How do Structural Formulas Embody the Theory of Organic Chemistry? **The British Journal for the Philosophy of Science**, Oxford, n. 61, p. 621–633, 2010.

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. 2014. 213 f. **Mestrado** (em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2014.

HABRAKEN, C. L. Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted? **Journal of Science Education and Technology**, v. 5, n. 3, p.193-201,1996. Disponível em<<http://link.springer.com/article/10.1007%2F01575303>> Acesso em 10 de jan. de 2016.

HOFFMANN, R. **O mesmo e o não mesmo**. São Paulo: Editora UNESP, 2007. 341p.

KOZMA, R. The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry". In M. JACOBSON; KOZMA, R. (eds.). **Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning**. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000, pp. 11-46

KOZMA, R.; Students collaborating with computer models and physical experiments. In: **Conference on Computer-Supported Collaborative Learning**, 8, 1999, Rhodes. Proceedings of the VIII Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. 1999, J. Berkeley: ISLS,1999.

KOZMA, R; RUSSELL, J. Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v.34, n. 34, p.949-968, 1997.

LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da química**. Lisboa: Gradiva, 1995. 283p.

McMURRY, J. **Química Orgânica – Combo**. 7 ed., São Paulo: Thompson, 2011.

MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. **Pesquisa no Ensino de Química**, vol. 35, n. 2, 2013, pp. 112-122.

MOREIRA, L. A.; Modelo Cinético Molecular: Abordagens e Possibilidades no Ensino da Química **Monografia** apresentada junto ao curso "Ensino de Ciências por Investigação" da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais. 2007

MORRISON R. T.; BOYD, R. N. **Química Orgânica**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1978.

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

PIETROCOLA, M.; Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999.

ROQUE, N. F; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

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.

SOLOMONS, T. W.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. 8ª ed., v.1.Rio de Janeiro: LTC, 2005.

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

TORRES, N., LANDA, L., BAUMGARTNER, E., ALÍ, S., DIGIÁCOMO, M., Obstáculos que dificultan el aprendizaje significativo de la química: um análisis transversal, **Primer Congreso Internacional de Pedagogía Universitaria**, Publicado em el libro de resúmenes. Argentina: CABA, 2009.