

Visualização, semiótica e teoria da percepção

Visualization, semiotics and perception theory

Ana Maria Guimarães Jorge*
Daisy de Brito Rezende**
Edson José Wartha***

*Pós-Doutora pela Indiana University-Purdue. Doutora em Comunicação e Semiótica pela PUC. Pesquisadora do PPGCOM Comunicação, Consumo e Entretenimento, Memória, da ESPM-SP; e do Centro Internacional de Estudos Peirceanos (PUC-SP); Universidade São Judas Tadeu. São Paulo, SO, Brasil. E-mail: ana.guim@yahoo.com.br.

**Doutora em química pela Universidade de São Paulo (IQUSP). Professora no instituto de química da mesma instituição – São Paulo, SP, Brasil. E-mail: dbrezend@iq.usp.br.

***Doutorando em Ensino de Ciências Químicas pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ensino de Ciências Químicas pela Universidade de São Paulo (USP). Professor assistente na Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Paulo, SP, Brasil. E-mail: ejwartha@usp.br.

Resumo: Este trabalho constitui uma investigação que busca, na teoria da percepção de Peirce, uma nova forma de interpretação dos aspectos relacionados ao processo de visualização molecular no Ensino de Química. Desde 1987, é crescente a relevância do uso de métodos de computação gráfica, associados às simulações com ferramentas computacionais, para incrementar e conceber melhor representação signo-visual, em plataformas mais robustas; experimentação, por educadores e pesquisadores; visualização molecular por meio da linguagem não verbal; e observação das partículas invisíveis da Química. Cada vez mais, mídia eletrônica e digital têm possibilitado às esferas da comunicação e da informação um aperfeiçoamento dos meios e dos processos, o que de fato amplia a capacidade de representação dos processos sígnicos em movimento e na formação de cadeias signicas. De um lado, a reprodução qualitativa das interrelações, de outro, o estabelecimento de conexões com seus objetos. A Teoria da Percepção peirceana, juntamente aos princípios investigativos das tecnologias cognitivas, sob pesquisas de cognitivistas e neurocientíficas, oferecem ferramentas e pontos de vista extremamente eficazes para a observação científica dos fenômenos no mundo.

Palavras-chave: Teoria da percepção. Semiótica. Visualização científica.

Abstract: This work is an investigation based on the Peirce's Perception Theory that constitutes a new approach to the interpretation of some aspects related to the molecular visualization in the Teaching of Chemistry. Since 1987, it is increasing the relevance into use of methods associated with graphics computer simulations, helped by computational tools in order to enhance and develop the visual representation sign-on platforms more robust; experimentation by educators and researchers; molecular visualization through non verbal language and observation of Chemistry's invisible particles. Increasingly, the electronical media and the digital ones have enabled the spheres of communication and information a refinement of means and processes, which actually extends the capability of representation of sign processes in motion and the formation of chains of signs. On one hand, the qualitative reproduction of interrelations, the other, establishing connections with their objects. Peirce's Theory of Perception, along the principles of investigative cognitive technologies under cognitive and neuroscience research, offers tools and viewpoints extremely effective for scientific observation of phenomena in the world.

Keywords: Perception theory. Semiotics. Scientific visualization.

Introdução

Nos últimos anos, o desenvolvimento da mídia eletrônica tem proporcionado às esferas da comunicação e da informação um contínuo aperfeiçoamento de meios e processos que ampliaram a capacidade dos processos sógnicos, tanto no sentido de reproduzir qualidades, quanto no de estabelecer conexões com seus objetos. Atualmente, a hipermídia é o melhor exemplo desse contato ampliado entre signo e objeto. Dentro do campo da semiótica, a visualização científica é um processo de geração de signos, uma cadeia de interpretantes no processo de representação, que se inserem em um fluxo de tradução de informação em significados. Visualizações são criadas para ampliar, melhorar e tornar mais eficiente o processo de interpretação e comunicação.

Nesse artigo, optamos pela Teoria da Percepção na acepção da semiótica peirceana para a interpretação da visualização molecular, visto que a teoria dos signos é também uma teoria do conhecimento e, portanto, não poderia faltar uma teoria da percepção. Teoria que pode nos levar a olhar de maneira diferente sobre o Ensino de Química, pelo fato de desempenhar o papel mediador entre o mundo e suas linguagens, assim também, as tecnologias cognitivas sob pesquisas cognitivistas e neurocientíficas.

Visualização Científica

A primeira definição de visualização científica surgiu em 1987 no relatório “Visualization in Scientific Computing”, como uma forma de comunicação que vai além das aplicações e dos limites tecnológicos. Na mesma época, o termo foi usado para sensibilizar a National Science Foundation sobre a importância do uso de métodos de computação gráfica associados às simulações com ferramentas computacionais (SEIXAS, 1997). Em geral, a visualização científica é empregada para representar, adequadamente, dados brutos na forma de imagens, processo importante para análise visual de conjuntos de dados, porque facilita a identificação de suas relações e dependências. As visualizações, por intermédio das representações visuais, fornecem apoio cognitivo através de vários mecanismos que exploram as vantagens da percepção humana, assim como, a rapidez do processamento visual. No entanto, a forma como os humanos percebem e reagem ao resultado da visualização, ou seja, às imagens geradas, influencia fortemente sua compreensão sobre os dados (ALEXANDRE; TAVARES, 2007).

De maneira geral, o termo “visualização” significa construir uma imagem visual na mente humana, e isto é mais do que uma representação gráfica de dados ou conceitos. Assim, uma visualização pode funcionar como ferramenta cognitiva, tornando-se um artifício para a construção de conhecimento ao utilizar as capacidades perceptivas e cognitivas humanas. Ao organizar dados, segundo critérios específicos, com o objetivo de visualizá-los, acaba-se por obter informações que possibilitam a construção de novos conhecimentos sobre os mesmos. Portanto, ferramentas computacionais de visualização e de análise podem dar apoio aos seus utilizadores no processo de análise dos dados. No caso da visualização científica, os modelos gráficos são construídos com dados medidos ou simulados, associados a fenômenos de natureza física que, frequentemente, carregam de forma intrínseca o componente do posicionamento espacial ou temporal, permitindo a representação de objetos ou conceitos do mundo físico e simulações computacionais (DASTANI, 2002).

Em Química, a visualização científica geralmente é denominada como sinônimo de visualização molecular. O termo visualização molecular significa o uso de qualquer tipo de representação não verbal, como, por exemplo, fórmulas químicas, diagramas, gráficos, símbolos químicos, representações estruturais, fotografias, imagens, modelos, simulações, animações, softwares interativos, com existência concreta ou virtual, em formato 1D, 2D ou 3D que permitem uma “interpretação científica”. Geralmente, os termos: recursos visuais, ferramentas visuais e representações visuais são usados como sinônimos de visualização. Neste artigo, o termo que melhor se ajustaria ao termo visualização seria modelagem, uma vez que o termo visualização refere-se a ver ou enxergar o que antes era invisível, o que não é o caso para os entes químicos, visto serem eles modelados ou imaginados.

Os livros didáticos e os professores usam uma variedade de representações visuais (visualizações) para introduzir conceitos químicos fundamentais (NOH e SCHARMANN, 1997). A Figura 1 mostra um exemplo da utilização de uma visualização molecular para explicar o conceito de isomeria na Química. Para identificar isômeros geométricos, que têm a mesma fórmula (C_4H_8), mas com diferentes propriedades e, portanto, estruturas, os alunos são obrigados a traduzir uma fórmula química em sua estrutura molecular, visualizar (modelar) as possíveis configurações tridimensionais (3D) e comparar essas configurações.

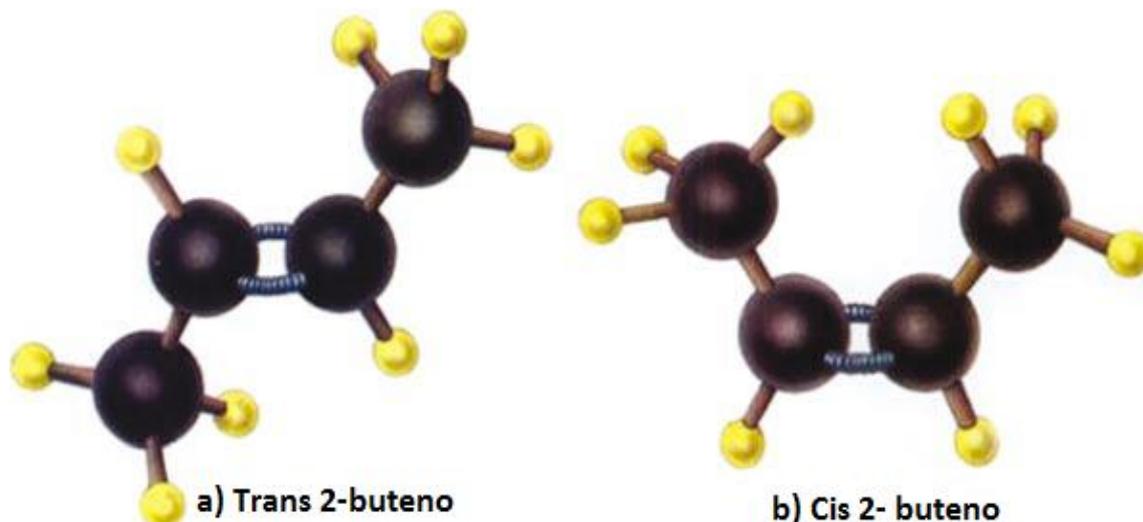


Figura 1. Representação visual de isômeros geométricos; H representado em amarelo; C em preto
(ACD/ChemSketch Freeware)

Por exemplo, a Figura 1 apresenta duas moléculas de buteno em que os átomos e as ligações químicas são esquematizados como bolas e bastões de cores diferentes. Ao mesmo tempo, conceitos-chave também são apresentados, como é o caso do número de ligações que um átomo de hidrogênio ou de carbono tem e a forma geométrica de uma molécula de buteno. Para interpretar as estruturas apresentadas na Figura 1, é exigida uma série de operações cognitivas de domínio espacial como, por exemplo, reconhecer convenções gráficas, manipular informações espaciais fornecidos por uma estrutura molecular e acompanhar mentalmente algumas restrições com base em conceitos químicos. Desse modo, é de se supor que a aprendizagem de conceitos químicos envolva habilidades viso-espaciais na execução de determinadas operações cognitivas (WU E SHAH, 2004).

Wu, Krajcik e Soloway (2001) desenvolveram uma ferramenta de visualização o ‘e-Chem’[®] que permite aos estudantes construírem modelos virtuais, observar simultaneamente vários aspectos relacionados ao objeto virtual e avaliar sua utilidade. Os autores verificaram que essa ferramenta de visualização, em combinação com modelos concretos de bolas e varetas, permitiu a estudantes do Ensino Médio desenvolver um melhor conhecimento visual e conceitual dos esquemas químicos. Estes autores afirmam ainda que o ‘e-Chem’[®] aumentou a habilidade dos alunos conseguirem transitar de representações 3D para 2D.

Moura, Cardoso e Lamounier (2009) demonstram, em seu estudo, a potencialidade da Realidade Virtual no ensino de Geometria Molecular, visto que tal tópico exige profundo

discernimento dos alunos no domínio da visualização e manipulação espacial. Constataram que ambientes virtuais permitem aos alunos visualizar e manipular modelos de moléculas melhorando, desse modo, as habilidades dos alunos e facilitando o aprendizado dos mesmos.

Outros estudos sobre o uso de ferramentas computacionais modernas (FERK, BLEJEC e GRIL, 2003; WILLIAMSON e ABRAHAM, 1995) também verificaram que recursos de visualização molecular são facilitadores na superação de algumas dificuldades apresentadas pelos alunos na representação da espacialidade de estruturas químicas. Representações dinâmicas como simulações e animações tridimensionais fornecem explicações visuais para fenômenos científicos que não são diretamente observáveis. Esses estudos enfatizam o valor das representações computadorizadas tridimensionais no processo de aprendizagem em Química em relação às representações bidimensionais, como as que aparecem nos livros didáticos.

Urhahne, Nick e Schanze (2009), em três estudos nos quais procuravam avaliar a eficácia de simulações e animações tridimensionais para a aprendizagem em Química, chegaram à conclusão de que somente a habilidade viso-espacial tem fator preponderante no processo de elaboração conceitual. Essa habilidade pode ser julgada como uma capacidade específica que facilita a aprendizagem de conceitos químicos. Porém, sempre deve ser verificado até que ponto os estudantes podem usar essas habilidades viso-espaciais para resolver problemas de Química. Só deste modo a compreensão de estruturas químicas e de suas propriedades pode ser melhorada, pela construção de representações visuais adequadas.

Copolo e Hounshell (1995) compararam quatro métodos de visualização molecular utilizados com estudantes de Química Orgânica na aprendizagem de estruturas e propriedades das substâncias:

- a) grupo 1- representações bidimensionais de livros didáticos;
- b) grupo 2- representações tridimensionais em computadores;
- c) grupo 3- representações tridimensionais com modelos físicos de varetas e bolas;
- d) grupo 4- uma combinação de representações tridimensionais de computador e de modelos de bolas e varetas.

Os resultados revelaram que houve uma retenção mais alta no Grupo 4, ou seja, no grupo que usava mais de um tipo de representação. Porém, quando eram aplicados testes que exigiam dos estudantes apenas representações bidimensionais, nenhuma diferença significativa foi identificada entre os quatro grupos.

Há outros estudos na literatura que indicam que estudantes alcançaram mais sucesso ao resolver tarefas que envolviam a rotação mental de representações 2D quando trabalhavam e manipulavam ferramentas visuais (vídeos, objetos moleculares, objetos virtuais, por exemplo; SEDDON; SHUBBER, 1985; SEDDON; ENIAIYUJU, 1986; TUCKEY; SELVARATNAM, 1993; HABRAKEN, 2004; WU ; SHAH, 2004; SILVA; RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009). Também encontramos estudos que indicam que o uso de ferramentas de visualização diminui a carga cognitiva necessária ao processo de visualização mental e, desse modo, proporciona ao estudante realizar translações entre vários tipos de representações (MAYER, 1989; MAYER, 1997; SHAH; MIYAKE, 1999; BARNEA; DORI, 2000; GYSELINCK; CORNOLDI, 2002; BASTOS; MAZZARDO, 2004; SWELLER, 2005; DESTEFANO; LEFVRE, 2007; COSTA; COUTINHO; CHAVES, 2010).

Por outro lado, estudos (STIEFF; RAGE, 2010; STIEFF, 2011) sobre o papel do raciocínio imagístico na resolução de problemas de Química Orgânica verificaram que os estudantes empregam, preferencialmente, esse tipo de raciocínio para transladar entre várias representações moleculares. Porém, identificaram que, em tarefas mais complexas, em que é necessária a manipulação mental de imagens e a identificação de relações espaço-visuais, os estudantes usam quase que unicamente o raciocínio diagramático para resolver problemas (como, por exemplo, problemas referentes à estereoquímica, mecanismos de reações e vias sintéticas), evitando o uso do raciocínio imagístico. Os estudantes aplicavam uma série de algoritmos sobre os diagramas a fim de tornar a informação espacial explícita bem como para prever o resultado de translações espaciais, ou seja, faziam uso de diagramas para ilustrar características espaciais das estruturas sem invocar o uso de imagens mentais (raciocínio imagístico). Concluíram que os estudantes, por apresentarem incapacidade de visualizar estruturas moleculares, buscam alternativas para resolver problemas que exigem reconhecimento viso-espacial de objetos químicos.

Desse modo, podemos conceber que a visualização molecular como forma de linguagem visual é de fundamental importância na elaboração conceitual em Química e que, tal como a linguagem verbal, seu papel não é meramente o de comunicar ideias, mas também o de construir novos conhecimentos. É importante lembrar que a linguagem química expressa diferentes níveis de abstração. Por exemplo, os estudos da estrutura da matéria e da teoria molecular, em especial, nos remetem a formas de representação visual, sem as quais a elaboração conceitual torna-se praticamente inviável (GIORDAN, 2008).

A compreensão da relação entre cognição e percepção se dá por meio da Semiótica, pois para Peirce (2005), representações cognitivas são signos, representações mentais são

modelos de processos cognitivos e operações mentais ocorrem na forma de processos sígnicos. Na Química, os sistemas de signos são complexos e, portanto, é fundamental compreender o processo de percepção dos signos durante o processo cognitivo. Nesse caso, é necessário compreender a questão da percepção e sua relação com a visualização, pois o objeto percebido é muito diferente do mundo descrito pelas ciências.

Teoria da percepção de Peirce

A percepção é, para Peirce, o objeto de estudo da semiótica que ocorre dialogicamente segundo um modelo triádico constituído de: percepto, percipuum e julgamento perceptivo. A Figura 2 procura mostrar a relação entre os constituintes peirceanos da percepção:

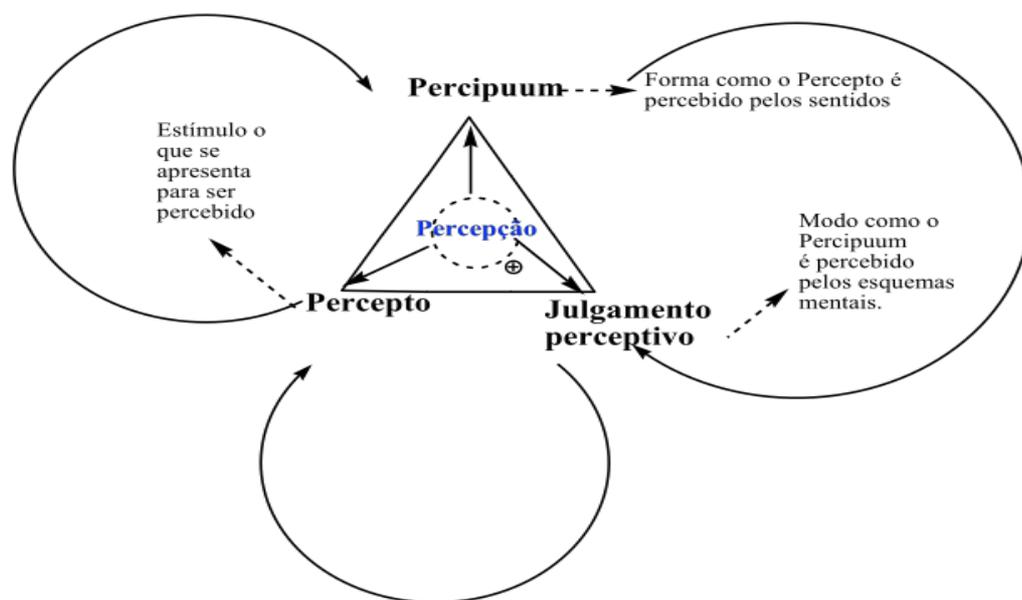


Figura 2. Constituintes peirceanos da percepção (adaptado de Mucelin e Bellini, 2008, p.124)

Para Mucelin e Bellini (2008), na proposta triádica de Peirce, os constituintes da percepção são entes interdependentes e indecomponíveis que permitem que se analise e caracterize isoladamente cada um deles. Assim, em toda percepção existem os elementos: percepto ou objeto (fenômeno ele mesmo) que independe daquilo que dele se possa pensar,

devido a sua existência e insistência sobre os sentidos sem nada manifestar; o percipuum ou o modo como o percepto, captado pelos órgãos sensoriais, é imediatamente interpretado no julgamento de percepção; e o julgamento de percepção, que corresponde a uma espécie de proposição a nos informar sobre aquilo que está sendo percebido. De acordo com Santaella (2012), ao interpretar a teoria peirceana da percepção no âmbito da moldura lógica da semiose, o percepto funciona semioticamente como objeto dinâmico enquanto que o percipuum seria, na teoria peirceana, o objeto imediato. Como diz Santaella (2012):

A percepção é determinada pelo percepto, mas este só pode ser conhecido através da mediação do signo, que é o julgamento da percepção. Para que esse conhecimento se dê, o percepto deve, de algum modo, estar representado no signo. Aquilo que representa o percepto, dentro do julgamento perceptivo, é o percipuum, meio mental de ligação entre o que está fora e o juízo perceptivo, que já é fruto de uma elaboração mental (SANTAELLA, 2012, p. 95).

Em síntese, Santaella (2012) afirma que perceber implica algo externo, o percepto. O que caracteriza o ato de perceber é o senso de externalidade de que o percepto vem acompanhado, junto aos esquemas mentais humanos na produção de um efeito interpretativo que, para a mente, é um primeiro. Os efeitos interpretativos são os julgamentos de percepção, ou signos. Nada se pode dizer sobre aquilo que aparece aos sentidos, senão pela mediação do juízo perceptivo, isto é, de uma interpretação.

Jorge (2011) aponta para o fato de que a percepção envolve captar e participar das qualidades objetivas de algum fenômeno, misturadas aos elementos da memória, do raciocínio realizado, da emoção sentida, e que essas qualidades objetivas dos sentidos como filtros da alma também se misturam aos elementos subjetivos de cada indivíduo. Para essa autora, de acordo com a teoria peirceana, a percepção é a porta de entrada das formas e das qualidades do mundo, informação recebida e processada por um organismo. Para Jorge (2011), perceber é um ato espontâneo e anterior à realidade consciente ou a qualquer significação, que posteriormente poderá ou não ser gerada. A percepção proporciona a coleta de dados sobre o que é fisicamente sentido, porém tais dados podem variar de acordo com as condições de fundo pessoal e a forma percebida passa a transcender o objeto sentido. Princípio que apoia o que já foi enunciado no início deste artigo, não se pode esquecer de que, muitas vezes, o objeto percebido é diferente do mundo descrito pelas ciências.

As diferenças na percepção das propriedades de objetos percebidos por diferentes culturas se distinguem a partir dos diferentes níveis de aprendizagem e de experiências passadas com esses objetos. Jorge (2011) afirma que os diferentes sistemas culturais

interferem no modo como os objetos são percebidos, ou seja, a percepção e leitura da obra serão modificadas dependendo do repertório de informações e da reflexão sobre esses significados culturais que o observador tenha. Portanto, é possível concluir que os indivíduos terão pré-concepções do real para perceber e compreender o significado dos signos de maneira diferente. O objeto a ser examinado é resultado da interação de signos comuns com um referente percebido subjetivamente por cada interpretador.

Os seres humanos são, primeiramente, decifradores de signos, que moldam fenômenos captados perceptivamente, tal como enfatiza Santaella:

(...) em termos peirceanos, é preciso levar em conta que o efeito que a mente produz não precisa ser necessariamente racional. Pode ser da ordem de uma reação puramente física, ou então, pode ser um mero sentimento com toda a evanescência que é própria de um sentimento (...) (SANTAELLA, 1998, p. 48).

A visão peirceana da percepção se embasa em uma teoria triádica (signo, objeto e interpretante) e sob a predominância da secundidade, ou seja, da segunda categoria fenomenológica, enquanto reação e interação do indivíduo com seu signo, implicando a memória. Entretanto, Peirce conseguiu ir além da evidência dualista de percepção. Primeiro, porque ele não concebia a separação entre percepção e conhecimento, pois acreditava que toda cognição começava na percepção e terminava na ação deliberada. Segundo, porque tanto a cognição como a percepção seriam inseparáveis das linguagens através das quais o homem pensa, age e se comunica. Ou seja, a partir dessas afirmações, entende-se que a teoria peirceana da percepção se respalda em sua teoria geral dos signos e vice-versa, explicando logicamente os fundamentos das significações humanas por uma inteligência científica (SANTAELLA, 2005).

Entender a semiótica como uma ciência que focaliza o “ver” por intermédio da exploração de todos os sentidos, usando-os como “antenas” de captação de mensagens verbais e não verbais, sejam visíveis ou invisíveis na estrutura dos diagramas, figuras, imagens, torna-se caminho metodológico facilitador do entendimento da interação sógnica. Em disciplinas como a Matemática, a Química e a Física, por exemplo, a estruturação sógnica é discutida com auxílio de lógicas. Por exemplo, a composição verbal é provocada pela lógica do pensamento, mas se manifesta por meio da lógica linguística, que requer todo um instrumental específico e complexo, uma vez que opera fundamentalmente com signos-símbolos: entidades abstratas, convencionais e mutáveis, do ponto de vista significativo (SIMÕES, 2008).

A experiência é o elemento central da formação do conhecimento na teoria peirceana. Experiência que se torna algo experienciável pelo homem na medida em que ele observa um objeto (percepto). O objeto, na relação com o ser, passa a ser experienciado. Assim, a ideia enquanto significado oriundo da experiência perceptiva se constitui por processo experimental. Nesse caso, de acordo com Manechine (2006), a percepção, entendida na primeiridade como o apreender o fenômeno em condições de qualidades, tem o sentido de percebê-lo, admirá-lo. No defronto com o real, o aluno estabelece relações sobre o objeto observado produzindo signos de secundidade relacional. Nesse compreender, novas relações vão se estruturando, amplia-se ao máximo esse conhecer sobre o contexto analisado, definindo-o não em conhecimento pronto e acabado, mas como conhecimento experienciável. Ibri (1992) lembra que não existe uma forma específica de experimentação filosófica a partir da qual a experiência possa ser interpretada, ou seja, a interpretação já é uma experiência, e ela, a experiência, é o próprio curso da vida. Para Peirce, o processo de semiose ocorre a partir da experiência vivenciada pela inter-relação das categorias de primeiridade, secundidade e terceiridade (crescimento sêmico de ideias e sistemas, cadeia de signos, pensamento etc). A mente do intérprete engendra aquilo que é percebido, experiencialmente, em um processo contínuo e dinâmico (semiose ilimitada), que Peirce denominou representação da coisa ou mediação.

Santaella (1998) reitera que não há separação entre percepção e conhecimento. Toda percepção envolve elementos inconscientes e, em sua Semiótica, nem empirista nem racionalista:

A primazia lógica é do signo, mas a primazia real é do objeto. O objeto é determinante, mas só nos aparece pela mediação do signo. Somos seres mentais, o signo é um primeiro porque aquilo que a mente produz vem imediatamente na frente. Essa é a ideia de mediação. Mas, para compreendê-la em termos peirceanos, é preciso levar em conta que o efeito que a mente produz não precisa ser necessariamente racional (...) Porém, aquilo que está representado no signo não corresponde ao todo do objeto, mas apenas a uma parte ou aspecto dele. O signo é sempre incompleto em relação ao objeto (SANTAELLA, 1998, p. 44 e 45).

Percebe-se mediante um signo, dependente de um objeto, e de acordo com o que se está preparado para perceber. Para Peirce, o pensamento é uma característica do universo e não apenas dos seres humanos. Em uma floresta, por exemplo, há diálogos e negociações entre a flora, a fauna, o clima, as estações do ano, que ocorrem por séculos para que se chegue à formação que é conhecida atualmente. Para Peirce, a floresta está em semiose. Todo

conhecimento é, segundo Peirce, inferencial, mediato, articulado no tempo e processual, se faz mediante signos e no decorrer da experiência (SILVEIRA, 2001).

Considerações sobre a visualização científica e a teoria da percepção peirceana

A visualização molecular pode funcionar como uma ferramenta cognitiva, tornando-se um artifício externo para a construção de conhecimento, ao se utilizar das capacidades perceptivas e cognitivas dos estudantes. Como afirma Jorge (2011), a percepção possibilita a síntese, compondo o objeto percebido, pois toda percepção adiciona algo ao percebido. Por exemplo, a estrutura física da representação de uma molécula com bolas e varas (Figura 3) vista por alguém seria, de modo empírico, um feixe de qualidades isoladas que envia estímulos aos órgãos dos sentidos. De modo mais intelectualista, o objeto molecular seria um objeto percebido como uma ideia.

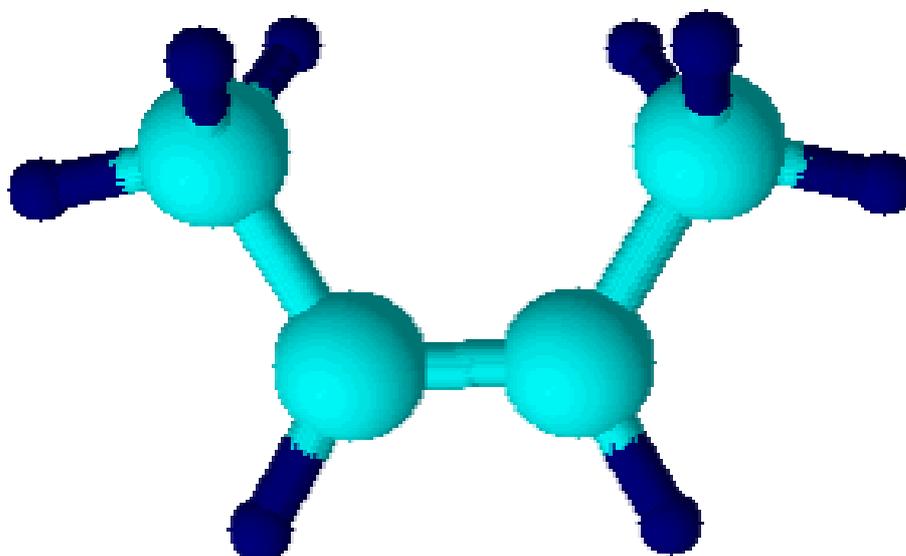


Figura 3. Representação de uma molécula com bolas e varas

Segundo Jorge (2011), historicamente, desde os gregos, há tendência em conceber que a percepção não pode ser considerada muito confiável para o conhecimento, porque depende das condições específicas de quem percebe e está propensa a criar ilusões. Especificamente, sob o viés epistêmico do processo ensino-aprendizagem, no caso da Química, a imagem, o

modelo ou a estrutura percebidas não correspondem à realidade da estrutura da molécula (não há pretensão entrar na controvérsia do status epistemológico do conceito de estrutura molecular). Desse modo, para a formulação do pensamento científico, devem-se abandonar os dados da percepção a fim de formular ideias abstratas relacionadas com as leis de combinações químicas, uma tentativa de explicar suas relações e, in the long run (teste das hipóteses e suas representações), corrigir tais representações. A modelagem representacional dos elementos químicos em um ambiente digital, por exemplo, fenomenologicamente oferece ao aluno a observação do objeto representado em 3D, ou 2D, entretanto, mesmo assim com uma sofisticação representativa das relações abstratas encapsuladas num objeto tridimensional, não é possível perceber de uma só vez todas as camadas e características desse objeto, pois apenas alguns fragmentos, algumas características, do objeto são percebidos de cada vez na composição do todo relacional observado.

De um modo geral, a visualização molecular surge como o termo que nomeia a reunião de processos de computação gráfica, refletindo o momento de incremento do objeto no ambiente digital com auxílio das novas possibilidades tecnológicas da produção de representações, signos, e acréscimo ao desenvolvimento de linguagem e de informação científica. A visualização molecular é legitimamente um sistema semiótico, pois se trata de um ambiente de produção de linguagem e de representações, a ser melhor entendido pelos pressupostos teóricos e pela análise da Semiótica peirceana. Há o objetivo de pensar a visualização molecular no sentido de aprimorá-la como ferramenta estratégica de prospecção de novas informações, relações mais precisas de pertinência e verdade entre o objeto real e sua representação em signos, pois é desse modo que ocorre o crescimento e evolução do conhecimento científico (MEDEIROS, 2009).

Por conseguinte, as potencialidades do uso de ferramentas de modelização para o ensino de Química podem ser vistas a partir da variedade de usos possíveis:

- a) Ferramentas para aquisição e manipulação de dados;
- b) Multimídia baseada em conceitos de hipermídia, apresentando as informações de forma estruturada gráfica;
- c) Micromundos e simulações: os primeiros consistem em programas muito completos que implementam a simulação de uma vasta gama de processos e leis, enquanto as últimas são programas menores, com modelos de um sistema ou processo voltado para a sua visualização;
- d) Ferramentas de modelização: programas que permitem que o usuário construa a sua própria simulação.

Assim, as fórmulas moleculares, os gráficos, as equações químicas e os modelos geométricos, por exemplo, deveriam ser compreendidos como substitutos racionais das substâncias em determinado contexto. Em síntese, cabe lembrar que o corpo teórico da Química é construído sobre uma linguagem própria, criada para representar o universo das transformações químicas. As representações gráficas e pictóricas de um mundo abstrato de átomos, íons e moléculas são símbolos que, a todo o momento, estão presentes no enfoque teórico dessa ciência. As fórmulas químicas, os mecanismos e as equações químicas, além de funcionar como ferramentas no trabalho do químico, cumprem, também, a função de linguagem, permitindo a mediação e a comunicação dos conteúdos. Sem a ação dos signos, isto é, sem atribuir significados à linguagem, os estudantes dificilmente conseguem compreender os fatos e os fenômenos, em um movimento que vem dos significados exteriores para seu interior. É o domínio dessa linguagem que possibilita aos estudantes aprender, fazendo com que estejam aptos a manipular sistemas de símbolos.

Considerações Finais

Pode-se concluir que a visualização molecular, ou melhor, o processo de modelagem ou de imaginação no ensino de Química é, acima de tudo, um sistema semiótico. Esse processo envolve diferentes formas de linguagem, ocorre por meio da produção de uma linguagem específica e da compreensão de representações variadas. Pode-se analisá-lo substituindo-se a perspectiva psicológica pela perspectiva semântica, ou seja, privilegiando a relação entre linguagem e mundo, ao invés da relação sujeito e objeto, e considerando a representação como processo de mediação.

Toda cognição, desde a percepção até o raciocínio lógico e matemático, está mediada por signos. Portanto, a estimulação da percepção é fundamental no processo de ensino e aprendizagem dessa ciência. De acordo com a semiótica, a percepção também pode ser definida como a porta de entrada das formas e das qualidades do mundo. A semiótica poderá proporcionar novas perspectivas para o entendimento de diversos fenômenos de mediação, processos de significação, representação e interpretação. Portanto, na observação de todo e qualquer fenômeno de linguagem que ocorre em sala de aula poderá ser interpretado à luz da Semiótica de Peirce e, desse modo, a Teoria da Percepção poderia apoiar eficientemente o desenvolvimento da habilidade viso espacial, ou a questão da carga cognitiva sobre conceitos que demandam altas habilidades viso espaciais por meio do uso de ferramentas de

visualização. Há intenção de apoiar um aumento qualitativo da percepção sobre o objeto e, consequentemente, uma diminuição da carga cognitiva sobre o mesmo, facilitando o processo de compreensão conceitual. Desse modo, pode-se afirmar que o uso das ferramentas de visualização ou de modelagem (físicas ou virtuais) contribuem para uma ampliação da percepção sobre o “objeto” (objeto imediato na concepção peirceana) e, desse modo, o grau de abstração das relações que podem ser estabelecidas permitirá uma variação de sua relação com o objeto (objeto dinâmico), aumentando a eficiência do processo de semiose na geração de novos interpretantes, ou seja, de novas ideias sobre as formas relacionais e, consequentemente, geração de um novo signo.

Referências

- ALEXANDRE, D. S.; TAVARES, J. M. R. S. **Factores da percepção visual humana na visualização de dados**, Porto, 2007. Em: www.fe.up.pt/~tavares
- BARNES, N.; DORI, Y. J. **Computerized molecular modeling – The new technology for enhancing model perception among chemistry educators and learners**. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1, 109-120, 2000.
- BASTOS, F. P.; MAZZARDO, M. D. Investigando as potencialidades dos ambientes virtuais de ensino: aprendizagem na Formação continuada de professores. **Novas tecnologias na educação**, v. 2, n. 2, 2004.
- COPOLO, C. F.; HOUNSHELL, P. B. **Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry**. *JOURNAL of Science Education and Technology*, 4, 295–305, 1995.
- COSTA, F. D. J.; COUTINHO, F. A.; CHAVES, A. Carga cognitiva: concepções e expectativa dos professores do ensino médio e fundamental. **ANAIS do XV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino XV ENDIPE**. Belo Horizonte. Brasil, 2010.
- DASTANI, M.. The role of visual perception in data visualization. **JOURNAL of Visual Languages and Computing**, v.13, n. 6, 601-622, 2002.
- DESTEFANO, D.; LEFVRE, J.-A. **Cognitive load in hypertext reading: a review**. **Computers in human behavior**, 23, 1616-1641, 2007.
- DORI, Y. J.; BARAK, M. (2001). Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. **Educational Technology & Society**, v. 4, n. 1, 61-74, 2001.
- FERK, V.; BLEJEC, A.; GRIL, A. Students' understanding of molecular structure representations. **International Journal of Science Education**, 25, 1227–1245, 2003.
- Triade, Sorocaba, SP, v.1, n.1, p 149-166, jun. 2013

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ed. Unijuí. Ijuí, Brasil, 2008.

GYSELINCK, V.; CORNOLDI, C. Visuospatial memory and phonological loop in learning from multimedia. **Cognitive Psychology**, 16, 665-685, 2002.

HABRAKEN, C. Integrating into chemistry teaching today's student's visuospatial talents and skills, and the today's chemistry's graphical language. **Science Education and Technology**, v. 13, n. 1, 89-94, 2004.

IBRI, I. Kósmos Noētós: **A arquitetura metafísica de Charles S. Peirce**. São Paulo: Perspectiva, 1992.

JORGE, A. M. G. **Introdução à percepção: Entre os sentidos e o conhecimento**. São Paulo: Paulus, 2006.

MANECHINE, S. R. S. **Construção de signos matemáticos: uma proposta didático-metodológica para as séries iniciais do Ensino Fundamental**. Bauru - Tese de Doutorado – UNESP, 2006.

MAYER, R. E. Systematic thinking fostered by illustration in scientific text. **Educational Psychology**, 81, 240-246, 1989.

MAYER, R. E. Multimedia learning: are we asking the right questions? **Psychologist**, 32, 1-19, 1997.

MEDEIROS, R. D. L. M. D. Visualização científica vs interpretação científica: uma leitura semiótica. **Estudos Semióticos**, v. 5, n. 2, 60-69, 2009.

MORENTIN, J.M.D. Conceito e Método da Semiótica. In: SIMÕES, D. **Mundos Semióticos Possíveis**. Rio de Janeiro: Dialogarts, 2008. 17- 49.

MOURA, J.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER Jr, E. A criação dos elementos químicos tridimensionais através da realidade virtual uma aplicação na Química Orgânica. **Ceciliana**, v. 1, n. 1, 32 – 42, 2009.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Estudo da percepção em ecossistema urbano: uma contribuição para a educação, planejamento e gestão ambiental. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 89, n. 221, 119-144, 2008.

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

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. Tradução de José Teixeira Coelho Neto. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M. A. Desenvolvendo habilidades visuo espaciais: uso de software de Construção de modelos moleculares no ensino de isomeria Geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, 65-78, 2009.

SANTAELLA, L. **A percepção: uma teoria semiótica**. 2. ed. São Paulo: Experimento, 1998.

_____. **Matrizes da linguagem e pensamento: sonora, visual, verbal: aplicações na hipermídia**. São Paulo: Iluminuras e FAPESP, 2005.

_____. **Percepção: fenomenologia, ecologia, semiótica**. São Paulo: Cengage Learning, 2012

SEDDON, G. M.; ENIAIYUJU, P. A. The understanding of pictorial depth cues, and the ability to visualize the rotation of three-dimensional structures in diagrams. **Research in Science and Technological Education**, 4, n. 1, 29-37, 1986.

SEDDON, G. M.; SHUBBER, K. E. Learning the visualization of three-dimensional spatial relationships in diagrams at different ages in Bahrain. **Research in Science and Technological Education**, 3, n. 2, 97-108, 1985.

SEIXAS, R. B. **Visualização Volumétrica com Ray-Casting num Ambiente Distribuído**. Rio de Janeiro - Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1997.

SHAH, P.; MIYAKE, A. **Models of Working Memory**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999.

SILVEIRA, L. F. B. D. **Mente, universos e verdade nas relações semióticas**. PUC-SP, 6-13. **Caderno da 4ª Jornada do CEPE - PUC-SP**. São Paulo: p. 6-13, 2001.

STIEFF, M. When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. **Science Educacion**, 95, n. 2, 310–336, 2011.

STIEFF, M.; RAJE, S. Expert algorithmic and imagistic problem solving strategies in advanced chemistry. **Spatial Cognition and Computation**, 10, n. 1, 53 – 81, 2010.

SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: MAYER, R. E. **Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. p. 19-30, 2005.

TUCKEY, H.; SELVARATNAM. Studies involving three-dimensional visualization skills in chemistry. **Studies in Science Education**, 21, 99-121, 1993.

URHAHNE, D.; NICK, S.; SCHANZE, S. The effect of three-dimensional simulations on the understanding of chemical structures and their properties. *Res Sci Educ*, n. 39, 495 – 513, 2009.

WILLIANSOM, V. M.; ABRAHAM, M. R. The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. **Journal of Research in Science Teaching**, 32, 1995.

WU, H. K.; 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**, 38, 821– 842, 2001.

WU, H. K.; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science educational**, 88, 465–492, 2004