

# **Estratégias visuais na construção de uma realidade química: análise semiótica das ilustrações em livros didáticos ao longo do século XX**

**Visual communication in the construction of a chemical realism: semiotical analysis of illustrations in textbooks over the twentieth century**

***Karina Aparecida de Freitas Dias de Souza***<sup>1</sup>

***Paulo Alves Porto***<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ), Instituto de Química, Universidade de São Paulo; Instituto Federal de São Paulo – Campus Salto, [kafdsouza@ifsp.edu.br](mailto:kafdsouza@ifsp.edu.br)

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ), Instituto de Química, Universidade de São Paulo, [palporto@iq.usp.br](mailto:palporto@iq.usp.br)

## **Resumo**

A análise iconográfica e textual de 32 obras destinadas ao ensino de química geral nas universidades brasileiras durante o século XX permitiu identificar diferentes tendências para o ensino, aparentemente associadas a diferentes concepções sobre essa ciência. Foram observadas modificações nas estratégias de representação do conteúdo químico, no sentido de conferir realidade cada vez maior aos entes submicroscópicos como átomos e moléculas. Para isso, as representações buscam incorporar cada vez mais detalhes das teorias que as precedem. Empreendendo análise acerca, especificamente, das ilustrações utilizadas na discussão da estrutura de sólidos cristalinos, propõe-se que a teoria semiótica de Charles Sanders Peirce pode auxiliar não só a caracterização das formas de representação em química, mas também das estratégias didáticas empregadas na comunicação de seus conhecimentos e, conseqüentemente, das concepções de química a elas subjacentes.

Palavras-chave: livros didáticos, representações, semiótica

## **Abstract**

Iconographic and textual analysis of 32 general chemistry textbooks used in Brazilian universities along the twentieth century allowed us to identify some trends in the teaching of this science. Changes in the strategies of representation of the chemical content, in order to give reality to submicroscopic entities such as atoms and molecules, were observed. Aiming at that increase in reality, the representations seek to incorporate more and more details of the accepted theories. Based on the analysis of the illustrations about the crystalline structure, it is proposed that the semiotic theory of Charles Sanders Peirce, with particular emphasis on the idea of degrees of iconicity, can assist not only the characterization of forms of representation in chemistry, but also of teaching strategies employed in communicating chemical knowledge and, therefore, of the underlying conceptions about chemistry.

Keywords: textbooks, representation, semiotics

## INTRODUÇÃO

A presente investigação insere-se no desenvolvimento do projeto de pesquisa intitulado *Tendências da formação em Química a partir das ilustrações presentes em livros didáticos do século XX: abordagem histórica e epistemológica*, e resulta de dados obtidos da análise de livros circulantes no contexto universitário brasileiro no período de 1900 a 1999. Como objetivos do projeto figuram a análise das mudanças sofridas pelos livros didáticos em relação a seus conteúdos e abordagens, considerando-se o momento histórico, social e econômico de publicação das obras, bem como a identificação das concepções de Química presentes ao longo desse período.

Tal empreitada pressupõe a integração de diferentes aspectos relacionados à ciência química, como a forma de construção e as estratégias de comunicação de seu conhecimento. Quando considerados os livros didáticos como objeto de pesquisa, a dimensão comunicativa associa-se à dimensão pedagógica, tornando relevantes as opções curriculares e de transposição didática. Nesse contexto, pode-se apresentar o arcabouço teórico da pesquisa como constituído por três eixos, a saber: eixo pedagógico, compreendendo as dimensões curriculares e estratégias didáticas de divulgação do conhecimento químico; eixo histórico, referente à construção do conhecimento químico, em si, ao longo do século; e o eixo filosófico, destinado a entender como diferentes concepções de Química podem estar relacionadas aos eixos histórico e pedagógico acima mencionados.

Em relação aos dois primeiros eixos, a análise iconográfica e textual exploratória aplicada a 32 obras publicadas no período sob investigação permitiu identificar algumas tendências interessantes para o ensino de química (SOUZA e PORTO, 2010a). Assim, passamos pela química enquanto ciência experimental (início do século XX), como ciência do invisível (ênfase nos princípios, observada a partir dos anos 1950), como ciência de interfaces, de inegável influência tecnológica e importância social e, mais recentemente, como ciência da complexidade, como apresentado no prefácio da obra *Neoquímica*, de Nina Hall (2004) – que, apesar de não ter sido publicada no período sob análise, apresenta algumas tendências para a percepção da ciência química em nossa sociedade.

A transição acima mencionada é marcada por modificações nas estratégias de representação do conteúdo químico: das ilustrações sobre processos industriais, experimentos e aparatos laboratoriais, passou-se à quase negligência dos aspectos descritivos em favor das

representações de átomos e moléculas, entidades teórico-conceituais, cuja “realidade” vai sendo construída ao longo do século a partir de recursos gráficos cada vez mais elaborados. Chega-se à década de 1980 com enorme número de ilustrações, que, apesar de relacionadas a diferentes objetos (no sentido daquilo que se busca representar), distribuem-se majoritariamente entre fenômenos diretamente inacessíveis por nossos sentidos e aplicações da química em nosso cotidiano.

Os avanços nos recursos gráficos permitiram que as ilustrações incorporassem número cada vez maior de detalhes das teorias que as precedem. Esse fator, associado ao fato de que a construção e divulgação do conhecimento químico ocorrem, marcadamente, por intermédio de tais representações, que buscam materialidade em imagens em papel, imagens virtualmente construídas, ou na utilização de modelos concretos como bolas e varetas, sugere que a **semiótica**, especialmente a de origem peirceana, enquanto ciência geral das linguagens, ou ainda, como a ciência dos signos, pode constituir referencial teórico relevante para a compreensão dessas observações.

Nesse contexto, a investigação agora apresentada tem por objetivo ampliar a análise das ilustrações presentes nos livros didáticos mencionados a partir do referencial dos estudos peirceanos, buscando maior compreensão acerca das estratégias de produção e comunicação do conhecimento químico.

## **DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

### **Delineando um referencial teórico**

Dentre os estudiosos da semiótica, a opção por Charles Sanders Peirce (1839-1914) deveu-se principalmente ao interesse pela lógica das ciências que o levou a transitar por diferentes áreas do conhecimento, incluindo a química.

Apesar da diversidade de áreas exploradas por Peirce, a Lógica – especialmente a Lógica das ciências – sempre esteve presente como fio condutor de suas investigações, de forma que seu ambicioso projeto intelectual era criar uma teoria aplicável a todas as coisas, ou seja, delinear os princípios fundamentais dos métodos do conhecer.

A natureza semiótica de tal análise da ciência é facilmente reconhecida se a noção de evidência é substituída por uma concepção mais ampla de *representação* ou *signo*, aqui entendido como o que potencialmente representa algo para alguém (SANTAELLA, 2000). Em seu empreendimento, Peirce voltou-se para os fenômenos, entendidos como tudo que aparece à mente, realizando extensa análise de como eles se apresentam à experiência, com o objetivo de mapeá-los e caracterizá-los, isto é, de propor categorias universais inerentes a todos eles.

Em 1867, Peirce concluiu que tudo que se apresenta à consciência o faz numa gradação de três propriedades, que caracterizam sua **fenomenologia**: (1) *Primeiridade*; (2) *Secundidade* e (3) *Terceiridade*. Enquanto a *primeiridade* corresponde ao fenômeno no estado mais puro de apresentação à consciência, ou seja, à consciência imediata, a *secundidade* corresponde ao conflito da consciência com o fenômeno, à ação e reação. Dessas duas instâncias emerge a interpretação dos fenômenos, a “síntese intelectual”, processo mediado por signos através do qual representamos e interpretamos o mundo (SANTAELLA, 1983), denominada *terceiridade*. Nesse processo, o *signo*, ao representar determinado *objeto*, gera naquele com quem se relaciona um *interpretante*. Nas palavras de Peirce,

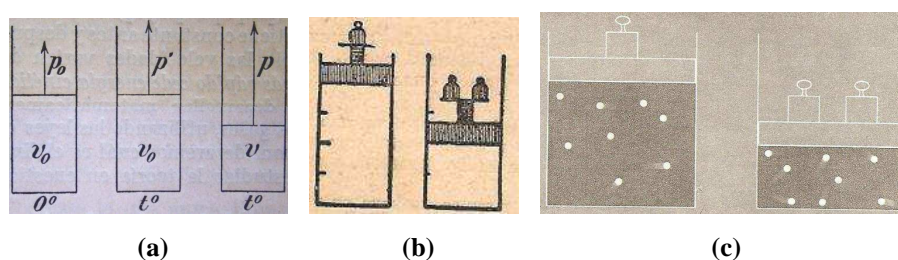
Um signo “representa” algo *para* a ideia que provoca ou modifica. Ou assim – é um veículo que comunica à mente algo do exterior. O “representado” é o seu

objeto; o comunicado, a significação; a ideia que provoca, o seu interpretante<sup>1</sup> (Peirce, 1974, p. 99).

Sendo a atividade do químico uma experiência, a própria ciência química deve se enquadrar nas categorias universais, de forma que se torna razoável discutir não só sua fenomenologia, mas os signos que participam de seus processos criativos e comunicativos.

Em trabalho apresentado durante o XV Encontro Nacional de Ensino de Química (SOUZA e PORTO, 2010b), tivemos a oportunidade de discutir alguns pontos importantes acerca das ideias de significação e interpretante, como a teoria da percepção, a incompletude e a consequente mútua complementaridade dos signos, conceitos que se mostraram bastante promissores quando aplicados à análise de ilustrações presentes em livros didáticos.

Na ocasião, o aspecto ativo (de multiplicação) dos signos foi exemplificado a partir de fenômenos representados unicamente segundo seus aspectos macroscópicos no início do século XX, e que passaram a ser representados segundo aspectos cada vez mais complexos e abstratos (SOUZA e PORTO, 2010b). As figuras abaixo ilustram tal observação.



**Figura 1.** Representações para as relações pressão – temperatura – volume para gases. (a) Relação entre a pressão de um gás, seu volume e sua temperatura (Bavink, 1928); (b) Lei de Boyle-Mariotte (Puig, 1936); (c) Explicação da lei de Boyle pela teoria cinética (Sienko e Plane, 1968).

É necessário destacar, porém, mais um aspecto que pode ser depreendido da *Figura 1*: a necessidade de aproximação entre fenômeno e explicação em nível de partículas, materializada na transição de representações mais esquemáticas (1a) para representações que buscam associações de entidades abstratas com o universo do intérprete. Assim, a figura 1c, por exemplo, busca representar, simultaneamente, frascos, pistões e partículas constituintes de um gás. Sugerimos, nesse contexto, que as estratégias de comunicação podem influenciar fortemente o “sentimento de realidade” em relação ao conteúdo apresentado, sendo assim, essenciais à construção do “pensamento químico” tão desejado e defendido nas discussões na área de educação em química.

Entendendo as ilustrações presentes em livros didáticos como signos, passemos a breve discussão das questões da mediação sógnica, que compõem a **teoria dos signos** de Peirce.

### A teoria dos signos de Charles Sanders Peirce

Para Peirce, os signos podem ser analisados segundo três tricotomias: o signo em si mesmo (seu fundamento), o signo em sua relação com o objeto, e o signo em sua relação com o interpretante gerado. Buscando evitar extensão inconveniente no tema, passemos ao conhecimento apenas das duas primeiras tricotomias, cujas contribuições apresentam maior relevância para esta pesquisa.

De acordo com a primeira classificação, um signo pode ser um *quali-signo*, quando for mera qualidade, um *sin-signo*, quando for um existente concreto, e um *legi-signo* quando tratar-se de lei geral, convencionada pelos intérpretes do signo (PEIRCE, 1975).

<sup>1</sup> Ao usar o termo interpretante, Peirce não se refere ao intérprete do signo, mas a um processo relacional que se cria na mente do intérprete.

Considerando a relação do signo com seu objeto, três categorias emergem:

Um Ícone é um signo que se refere ao Objeto que denota simplesmente por força de caracteres próprios e que ele possuiria, da mesma forma, existisse ou não existisse efetivamente um Objeto daquele tipo (...) Um Indicador [*ou Índice*] é um signo que se refere ao Objeto que denota em razão de ver-se realmente afetado por aquele Objeto (...) Um Símbolo é um signo que se refere ao Objeto que denota por força de uma lei, geralmente uma associação de ideias gerais que opera no sentido de levar o Símbolo a ser interpretado como referindo àquele Objeto (Peirce, 1975, p. 102).

Para Santaella (2008), uma vez que o ícone representa seu objeto por apresentar qualidades em comum com ele (fundamento = *quali-signo*), a única capacidade referencial que o ícone pode ter é a de apresentar algum grau de semelhança com o objeto. Isso torna o poder de referencialidade dos ícones mais aberto, de forma que esse tipo de signo apresenta alto poder de sugestão. Já a análise de um índice é mais direta e com baixa ambiguidade, uma vez que a referencialidade desse signo é fatural (vestígios, marcas) e indica seu objeto. Finalmente, os signos são quase sempre convenções culturais, cuja referencialidade inclui costumes, valores, padrões, etc., de forma que esse tipo de signo representa seu objeto.

É importante destacar que nenhum signo mantém apenas um tipo de relação com seu objeto, de forma que todo signo possui níveis de iconicidade, indexicalidade e simbolicidade. O que pode ser observado é algum grau de predominância entre uma ou outra dimensão.

Entendendo as ilustrações como representações visuais e, dessa forma, signos, é possível inferir que guardam relações com seus objetos e interpretantes. No caso das estratégias de comunicação visual em química, acreditamos que sua análise semiótica pode contribuir para a compreensão do processo de constituição (filosófica, histórica e pedagógica) dessa área do conhecimento.

## **Análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos: primeiras aproximações**

Como mencionado anteriormente, o projeto de pesquisa no qual se insere a presente investigação abrange a análise de 32 obras destinadas ao ensino superior de química geral ao longo do século XX<sup>2</sup>.

Os resultados aqui apresentados remetem a uma etapa da investigação, e não incluem a análise da totalidade das obras selecionadas. Dentre as mais de sete mil ilustrações categorizadas nos 32 livros (SOUZA e PORTO, 2010a), foram selecionadas aquelas concernentes aos capítulos que tratam sobre os estados físicos da matéria. A escolha desse conteúdo específico deveu-se à sua presença em todas as obras analisadas. Considerando, ainda, o grande número de ilustrações associadas a esse tema, o presente trabalho apresenta

---

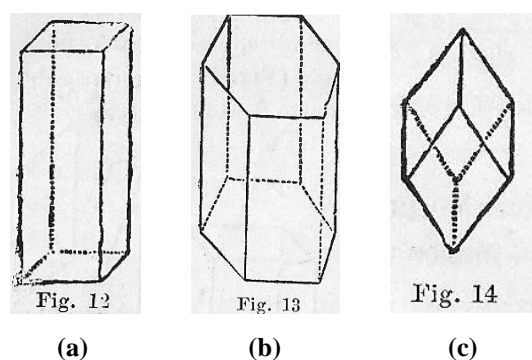
<sup>2</sup> TROOST, L. (França, 1901); TEIXEIRA, M. J. (Brasil, 1904); NERNST, W. (Alemanha, 1912); MACIEL, M. (Brasil, 1913); McPHERSON, W. e HENDERSON, W.E. (EUA, 1917); OSTWALD, W. (Alemanha, 1924); BOLL, M. (França, 1927); LAMIRAND, J. (França, 1927); BAVINK, B. (Alemanha, 1928); FRANCA, L. (Brasil, 1932); PUIG, Pe. I. (Espanha, 1932); DEMING, H. G. (EUA, 1939); BABOR, J. A. (Espanha, 1944); BRINKLEY, S. R. (EUA, 1944); HOLMES, H. N. (EUA, 1946); HILDEBRAND (EUA, 1946); PARTINGTON, J. R. (Inglaterra, 1950); HARDWICK, E. R. (EUA, 1965); OHLWEILER, O. A. (Brasil, 1967); SIENKO, M. J. e PLANE, R. A. (EUA, 1968); PAULING, L. (EUA, 1970); MAHAN, B. H. (EUA, 1970); O'CONNOR, R. (EUA, 1970); PIMENTEL, G. C.; SPRATLEY, R. D. (EUA, 1974); SLABAUGH, W. H., PARSONS, T. D. (EUA, 1974); MASTERTON, W. L. (EUA, 1978); QUAGLIANO, J. V.; VALLARINO, L. M. (EUA, 1979); RUSSELL, J. B. (EUA, 1981); BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. (EUA, 1986); KOTZ, J. C. e TREICHEL, Jr., P. M. (EUA, 1998); BROWN, T. L., LeMAY, H. E. e BRUCE, E. (EUA, 1999); ATKINS, P. W. e JONES, L. (EUA, 2001 c 1999)

proposta de análise semiótica aplicada, especificamente, ao tópico de estrutura dos sólidos cristalinos.

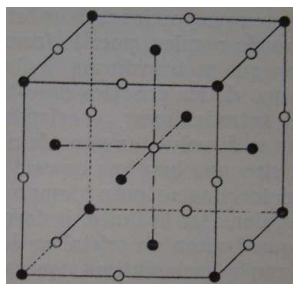
Do ponto de vista histórico, o estudo dos cristais desenvolveu-se de forma mais significativa a partir do final do século XVIII e início do século XIX (DANA, 1969), período em que podem ser destacados os estudos René Just Haüy (1743 – 1822) sobre a clivagem da calcita, que levaram à proposta de existência de unidades estruturais nos cristais, a invenção do goniômetro de reflexão<sup>3</sup> por William Hyde Wollaston (1766 – 1828) e do microscópio de luz polarizada por William Nicol (1770 – 1851), bem como os quatorze retículos espaciais propostos em 1848 por Auguste Bravais (1811 – 1863).

É inegável que os avanços em cristalografia, como os nomes e feitos mencionados sugerem, estão intimamente relacionados ao desenvolvimento de técnicas de análise cada vez mais sofisticadas, como a absorção de radiação infravermelha, cuja aplicação à análise de substâncias cristalinas foi intensa na primeira metade do século XIX (HUDSON, 1994), e a difração de raios X, popularizada em 1912, com os experimentos de Friedrich e Knipping e, posteriormente, de William Henry Bragg (1862 – 1942) e William Lawrence Bragg (1890 – 1971), que proporcionaram franca expansão dos conhecimentos acerca da estrutura tridimensional dos sólidos cristalinos. Cabe destacar que o maior acesso a computadores, ocorrido nos anos 1950, expandiu ainda mais as possibilidades de aplicação das referidas técnicas instrumentais (HUDSON, 1994). O advento da microsonda eletrônica (anos 1960), que permite análises *in situ* em grãos com dimensões da ordem de micrometros, e outras tecnologias, como o Microscópio Eletrônico de Transmissão (TEM) e o Microscópio Eletrônico de Transmissão de alta resolução (HRTEM), têm contribuído não só para a elucidação de estruturas, mas também na proposição de novos materiais (KLEIN, 2003).

Como não poderia deixar de ser, os avanços nas técnicas de análise acima mencionados, e a conseqüente ampliação dos conhecimentos acerca da estrutura dos sólidos cristalinos, foram incorporadas pelas obras didáticas. Da caracterização dos hábitos cristalinos, limitada ao aspecto macroscópico (Figura 2), passaram a ser representados átomos que, arranjados em redes cristalinas bem organizadas, permitem explicar a forma externa dos cristais, o fenômeno de clivagem e as propriedades ópticas (ver Figura 3).



**Figura 2.** Formas e sistemas cristalinos (a) Sistema ortorrômbico; (b) Prisma hexagonal; (c) Romboedro (Teixeira, 1904).



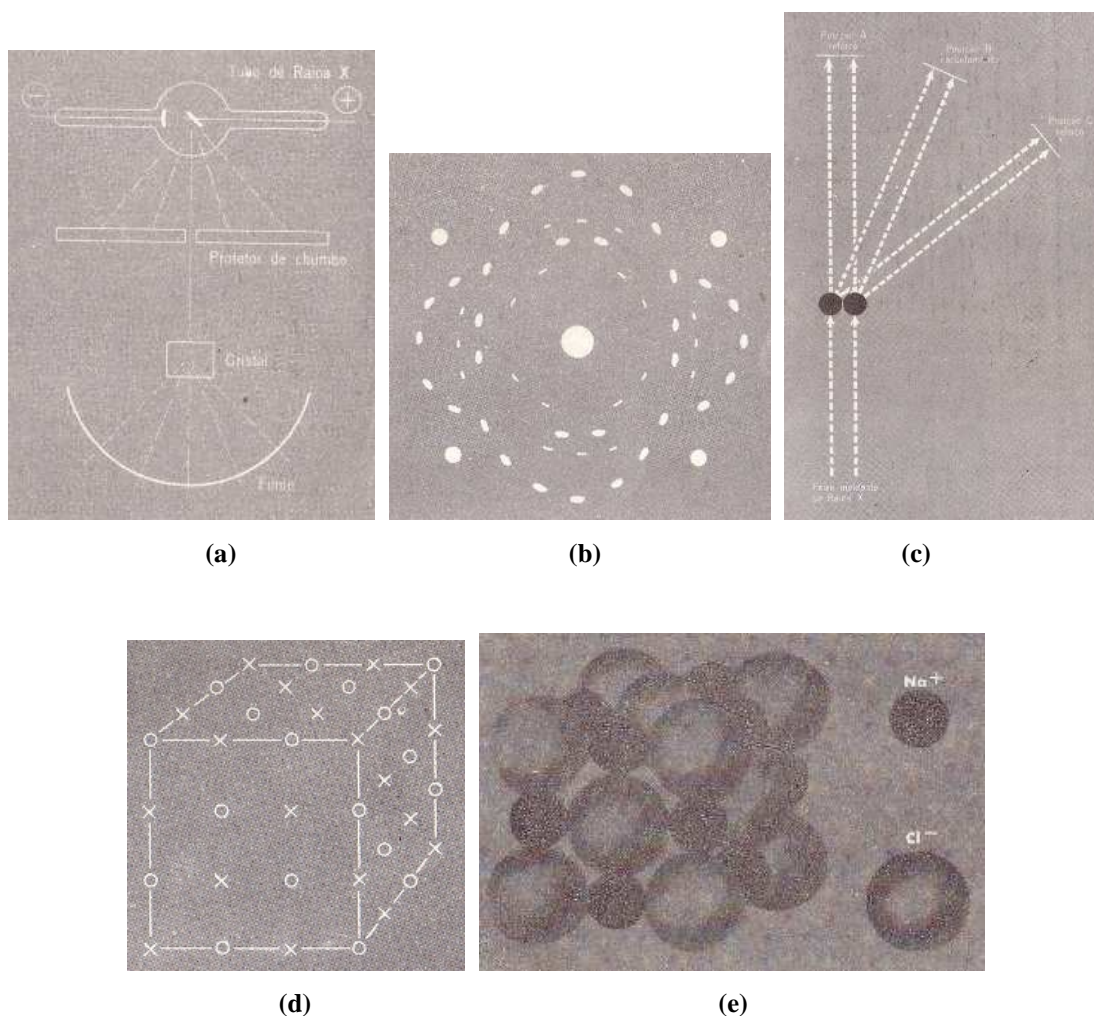
<sup>3</sup> Instrumento de medição mais precisa dos ângulos entre as faces de um cristal.

**Figura 3.** Rede cristalina do cloreto de sódio (Bavink, 1928).

Do ponto de vista semiótico, ainda que as representações dos três sistemas cristalinos apresentados na Figura 2 tenham caráter simbólico, pois o significado atribuído a certo conjunto e disposição de linhas é convencional, e indicial, pois possuem um referente como objeto (certo cristal ou conjunto de cristais específico), o caráter icônico é bastante significativo, pois guardam algum nível de semelhança com o sólido cristalino em si, sugerindo na mente interpretadora determinada ideia de material.

Cabe destacar que, apesar da mencionada iconicidade, as obras do início do século apresentaram proeminente indexicalidade, materializada na várias representações de fatos experimentais (na própria obra de Teixeira acima mencionada, todas as outras ilustrações presentes no livro remetem a aparatos experimentais). O que chama a atenção, porém, é que a busca por representações cada vez mais icônicas parece ser uma marca das estratégias de comunicação em química. Tal busca é evidenciada, por exemplo, na Figura 3, obviamente possibilitada por novas tecnologias disponíveis, como será explicitado a seguir.

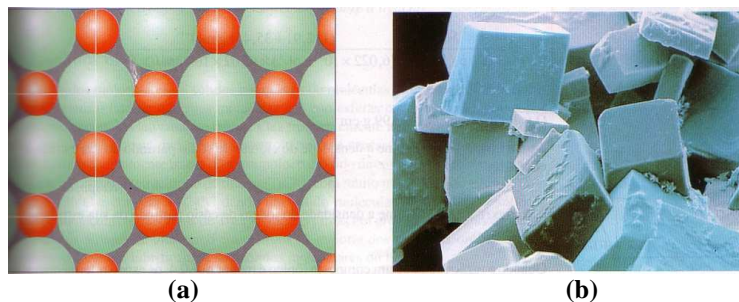
O avanço das técnicas instrumentais permitiu associar cada vez mais os sinais analíticos obtidos com as estruturas macro e (sub)microscópicas propostas, a ponto de poder ser traçado o “caminho” do instrumento à estrutura. A Figura 4 apresenta sequência de ilustrações referentes à estrutura do cloreto de sódio presente na obra de Sienko e Plane (1968). O esclarecimento dos princípios envolvidos na análise por difração de raios X, objetivo das figuras 4a e 4c, auxilia na construção da realidade da estrutura proposta em 4d e do modelo em 4e, mediada pela evidência obtida em 4b.



**Figura 4.** (a) Determinação de estrutura por meio de raios X; (b) Diagrama de raios X do NaCl; (c) Modelo de dois átomos para mostrar a difração de raios X; (d) Retículo cristalino do NaCl; (e) Modelo do NaCl (Sienko e Plane, 1968).

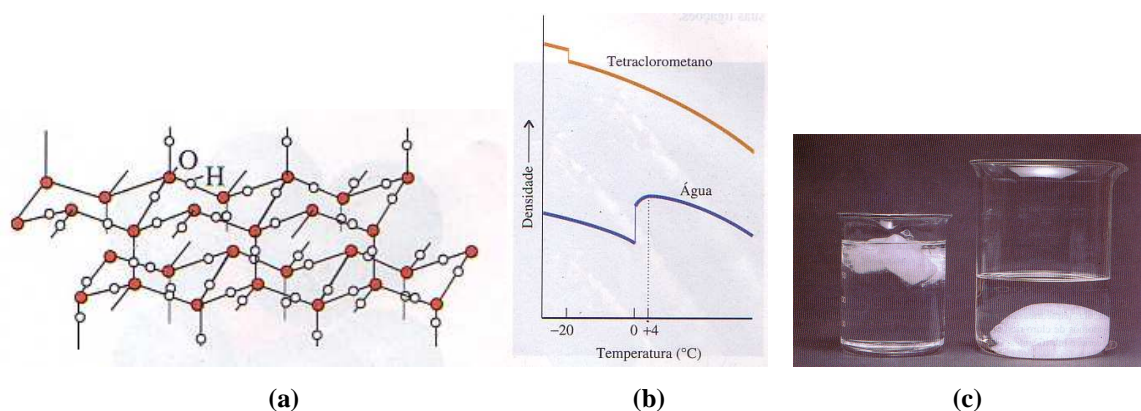
No exemplo acima apresentado, é evidente o uso de signos que migram da predominância indexical à icônica, sempre imbuídos de elementos simbólicos, no sentido de construir a “realidade” da estrutura proposta para o sal.

Outra estratégia empregada na construção da realidade atômico-molecular foi muito facilitada pelos avanços na tecnologia de produção de ilustrações gráficas. Assim, como observado na Figura 5, à estrutura cristalina em nível atômico associa-se o que é percebido diretamente por nossos sentidos, no melhor estilo “você não está vendo, mas está lá”. Cabe destacar que tal associação de imagens aumenta muito a relação (ou sensação?) de semelhança, aproximação ou equivalência entre o modelo proposto em 5a e a realidade sensível apresentada em 5b, ou seja, as ilustrações ganham cada vez mais em iconicidade.



**Figura 5.** (a) Bilhões de celas unitárias são empilhadas para criar a estrutura do cristal de cloreto de sódio; (b) O arranjo ordenado de íons cria as faces do cristal, como mostrado nessa micrografia do cloreto de sódio (Atkins, 2001).

De maneira semelhante, também entendemos como estratégias de construção da realidade ontológica das entidades químicas a abordagem de um mesmo fenômeno sob diferentes aspectos. A Figura 6, por exemplo, remete ao fenômeno de a água apresentar menor densidade no estado sólido, se comparada a seu estado líquido. O fenômeno, em si, é **apresentado** através de uma foto, é **descrito** por intermédio de um gráfico cartesiano e **explicado** via modelo de partículas.



**Figura 6.** (a) O gelo é formado por moléculas de água que são mantidas unidas por ligações de hidrogênio em uma estrutura relativamente aberta; (b) Variação da densidade da água e do tetracloreto de carbono com a

temperatura; (c) Como resultado de sua estrutura aberta, o gelo é menos denso que água e flutua nela (esquerda). O benzeno sólido é mais denso que o benzeno líquido e o benzeno congelado afunda no benzeno líquido (direita) (Atkins, 2001).

É interessante notar, ainda que tal discussão careça de embasamento mais profundo nos referenciais de análise do discurso, que a ordem observação-descrição-explicação foi invertida no exemplo proposto, o que poderia sugerir a interpretação: se a estrutura da água no estado sólido é como representado em 6a, é esperado que o fenômeno observado em 6c ocorra. Em outras palavras, o signo icônico (que possui certa teoria de ligações químicas e estrutura como objeto) é interpretado com tal nível de aplicabilidade no mundo sensível que permite prever a existência de certos comportamentos.

Nesse contexto, por mais simbólicas que as representações em químicas pareçam ser (e são!), no sentido de que somente os “iniciados” podem compreendê-las, o avanço das técnicas proporcionou a criação de signos cada vez mais assumidos como semelhantes, se não o objeto “real” (objeto dinâmico, na nomenclatura peirceana), ao menos com as teorias que servem de suporte para sua construção, o que acabou por pronunciar seu caráter icônico. Tal caráter fica ainda mais evidente se apresentadas as considerações de Frederik Stjernfelt (2000) ao afirmar que as similaridades de qualidades não atestam, por si só, o caráter icônico, mas sim a possibilidade de manipulação do signo para obtenção de novas informações sobre o objeto (STJERNFELT, 2000). Tal característica é muito perceptível na Química, o que sugere que o aprofundamento no estudo dos ícones e suas categorias pode trazer maior compreensão sobre as estratégias de construção e comunicação do conhecimento químico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das ilustrações referentes à estrutura de sólidos cristalinos presentes em livros didáticos do século XX apontou para o aumento da iconicidade e, principalmente, a associação de ícones com ilustrações (signos) de caráter mais simbólico e indicial, num equilíbrio que vai se estabelecendo ao longo do período analisado, como, possivelmente, a estratégia mais marcante na comunicação do conhecimento químico

Tal sequência de ilustrações, que relaciona observações macroscópicas com modelos para o mundo dos átomos, íons e moléculas, sugere ainda outras reflexões de natureza epistemológica a respeito do ensino de química. Discutindo a pertinência do que denomina “triplete” químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico), Talanquer (2011) propõe reflexão sobre o estatuto ontológico atribuído ao nível denominado microscópico, e a suficiência da descrição atribuída ao nível macroscópico:

Outro pressuposto que devemos questionar é a ideia de que o nível empírico ou descritivo dos fenômenos observáveis e tangíveis está restrito à escala macroscópica. Apesar de ser verdadeiro o fato de que a maioria das experiências dos estudantes, dentro e fora das aulas de química, parecem envolver amostras macroscópicas de objetos e eventos, modernas tecnologias agora permitem que os químicos explorem a matéria em escalas mais variadas, do nível macro ao nano. Usando técnicas como escaneamento por microscópico de tunelamento e pinças ópticas, os cientistas estão aptos a explorar diretamente a superfície de materiais no nível atômico e manipular partículas de dimensões nano (...) Em um século em que a exploração científica e tecnológica e a manipulação do mundo *nano* está se tornando realidade, o componente tangível do triplete químico demanda

reconceitualização. Uma falha nesse processo pode levar a mais confusão, uma vez que as pessoas buscam formas de incorporar a “realidade” do submicroscópico no quadro existente (Talanquer, 2011, p. 186).

De fato, breve levantamento das tentativas de caracterização das estratégias de representação em química permitem vislumbrar o “dilema” filosófico mencionado. O triângulo de Johnstone (1982; 1991; 1993; 2000; 2006; 2010), por exemplo, apesar de largamente utilizado como referencial na discussão não só das representações em química, mas da atividade dos químicos (por exemplo, Georgiadou e Tsarpalis, 2000; Santos, Greca e Serrano, 2003; Treagust, Chittleborough e Mamiala, 2003), tem tido sua coerência filosófica questionada sob o argumento de que incorre em confusão entre os planos ontológico, linguístico/conceitual e matemático (LABARCA, 2010).

As modificações nas estratégias de representação observadas para o caso específico da estrutura de sólidos cristalinos parecem materializar o processo descrito por Talanquer (2011) e apontam para inegável necessidade de reflexão acerca do que entendemos, hoje, por ciência química, seus objetivos, seus objetos e forma de atuação de seus profissionais. Acreditamos que as estratégias empregadas nos meios de comunicação do conhecimento químico, representados neste trabalho pelos livros didáticos, podem atuar como bons índices (peirceanos), nesse sentido.

## REFERÊNCIAS

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A.. Elementos da semiótica peirceana na educação em química. In: Encontro Nacional de Química, XV, 2010, Brasília. Anais ... Brasília: Universidade de Brasília, 2010. Disponível em <<http://www.xvneq2010.com.br/resumos/R1052-1.pdf>> Acesso em 12 jul. 2010.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Do fazer ao pensar quimicamente: a química e seu ensino através de livros didáticos do século XX. In: 1ª Conferência Latinoamericana do International History, Philosophy and Science Teaching Group, 2010, São Sebastião, SP.

BAIRD, D.; SCERRI, E.; McINTYRE, L. **Philosophy of chemistry**: synthesis of a new discipline. Netherlands: Springer, 2006.

BAVINK, B **Introducción a la Química General**. 2. ed. Barcelona: Labor, 1928.

BENSAUDE-VINCENT, B. College Chemistry: how a textbook can reveal the values embedded in chemistry. **Endeavour**, v. 31, n. 4, p. 140-144, 2007.

DANA, J. D. **Manual de mineralogia**. v. 1. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1969.

GALAGOVSKY, L. R.; RODRÍGUEZ, M. A.; STAMATI, N.; MORALES, L. F. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 1, p. 107-121, 2003.

GEORGIADOU, A.; TSARPALIS, G. Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on a) psychological theories; b) the macro, representational and submicro levels of chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 1, n. 2, p. 217-226, 2000.

HALL, N. **Neoquímica: a química moderna e suas aplicações**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

HAMMOND, G. S.; NYHOLM, R. The structure of Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 48, n. 1, p. 6-13, 1971.

HUDSON, J. **The history of chemistry**. Londres: The MacMillan Press, 1994.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 7, n. 2. p. 9-63, 2006.

JOHNSTONE, A. H. You can't get there from here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.

KLEIN, C. *The Manual of Mineral Science*. New York: John Wiley & Sons, 2003, 646 p.

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.

MORTIMER, E. F.; 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.

PEIRCE, C. S. **Escritos Coligidos**. Coleção Os Pensadores, v. XXXVI. São Paulo: Abril Cultural, 1974.

PEIRCE, C. S. Classificação dos signos. In: PEIRCE, C. S. **Semiótica e filosofia**. São Paulo: Cultrix, EdUSP, 1975, p. 93-114.

PUIG, Pe. I. **Curso geral de chimica**. Porto Alegre: Globo, 1932.

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

\_\_\_\_\_. **A teoria geral dos signos**. São Paulo: Pioneira, 2000.

\_\_\_\_\_. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M.; SERRANO, A. Uso do software Dicewin na química geral. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n.1, p. 58-69, 2003.

SIENKO, M. J.; PLANE, R. **Química**. 2. ed. São Paulo: Nacional, 1968.

STJERNFELT, F. Diagrams as centerpiece of a peircean epistemology. **Transactions of the Charles S. Peirce Society**, v. 36, n. 3, p. 357-384, 2000.

STJERNFELT, F. **Diagrammatology**. The Netherlands: Springer, 2007.

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.

TEIXEIRA, M. J. **Noções de química geral**. 6. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1904.

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.