

Elementos da semiótica peirceana na educação em Química: considerações e possibilidades

Karina. Ap. F. Dias de Souza ¹ (PG) *, Paulo Alves Porto ¹ (PQ)

quimikarina@usp.br

¹ Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química, Instituto de Química, Universidade de São Paulo. CP 26077 - CEP 05513-970 - São Paulo, SP.

Palavras-Chave: semiótica, signos, educação em química

RESUMO: Buscando o ambicioso projeto intelectual de criar uma teoria aplicável a todas as coisas, Charles Sanders Peirce (1939-1914), propôs que a semiótica, aqui entendida como ciência geral de todas as linguagens, seria a chave para a compreensão dos métodos do conhecer. Defendendo que todos os conceitos são incorporados por seus intérpretes através de processos triádicos sempre mediados por signos, a teoria de Peirce parece fornecer importantes subsídios para a compreensão dos processos de ensino-aprendizagem, ainda que não tenha sido proposta com esse intuito. Tais contribuições, ao abarcarem não apenas os processos mediados pela linguagem verbal, mas também pelas linguagens visual, sonora, etc., mostram-se especialmente relevantes quando consideramos o conhecimento químico, essencialmente desenvolvido e divulgado via peculiares sistemas de representação. O presente trabalho tem por objetivo, nesse contexto, apresentar resultados preliminares de investigações que apontam para possíveis contribuições da extensa obra de Peirce à educação em ciências, especialmente em Química.

ORIGENS DA SEMIÓTICA PEIRCEANA

Charles Sanders Peirce nasceu em 1839, em uma família de grande importância social, política e intelectual de Cambridge (Massachusetts, EUA). Filho de Benjamin Peirce, um destacado matemático de Harvard de sua época, Peirce cresceu em ambiente frequentado por renomados artistas, políticos e cientistas (Brent, 1998). Tal convivência certamente teve grande influência em sua eclética formação acadêmica, que variou da “matemática à história, da filosofia à química, da literatura à astronomia, da lógica à biologia” (Santaella, 2001).

No entanto, como ainda destaca Santaella (2001), apesar da diversidade de áreas do conhecimento exploradas por Peirce, a Lógica (especialmente a Lógica das ciências) sempre esteve presente como fio condutor das investigações do filósofo. O grande interesse de Peirce em áreas tão distintas do saber pode mesmo ser entendido se considerarmos a imensa paixão devotada pelo filósofo à Lógica, pois

(...) entender a Lógica das ciências era, em primeiro lugar, entender seus métodos de raciocínio. Os métodos diferem muito de uma ciência a outra e, de tempos em tempos, dentro de uma mesma ciência. Os pontos em comum entre esses métodos só podem ser estabelecidos, desse modo, por um estudioso que conheça as diferenças, e que as conheça através da prática das diferentes ciências (Santaella, 1983, p. 23).

De fato, o ambicioso projeto intelectual de Peirce era o de criar *uma* teoria aplicável a todas as coisas, isto é, delinear os princípios fundamentais dos métodos do conhecer. Nas palavras de Peirce, traduzidas de trecho citado por Brent (1998):

(Eu pretendo) construir uma filosofia como a de Aristóteles, ou seja, delinear uma teoria tão compreensível que, por um longo tempo, todo o trabalho da razão humana, na filosofia de qualquer escola ou tipo, na matemática, na

psicologia, nas ciências físicas, na história, na sociologia, e em qualquer outra área que puder existir, possa aparecer como o preenchimento de seus detalhes (Peirce, 1887 in Brent, 1998, p. 1).

Tal análise da ciência foi assumida por Peirce como sendo de natureza semiótica¹, a qual é reconhecida quando substituímos a noção de evidência por uma concepção mais ampla de *representação* ou *signo*. Concordando com Savan (1980), “Os dados não são em si mesmos evidências, para dar alguma credibilidade àquilo que eles suportam” (Savan in Santaella, 2001, p. 31). Em seu empreendimento, Peirce voltou-se para os fenômenos (*phaneron*), considerando-os como tudo que aparece à mente (um sonho, uma sensação, uma ideia abstrata da ciência, etc.). Como procedimento, realizou extensa análise de como tais fenômenos se apresentam à experiência, com o objetivo de mapeá-los e caracterizá-los, isto é, de propor categorias universais inerentes a todos eles.

Os caminhos percorridos e os resultados propostos por Peirce constituem importante legado àqueles que se interessam pela teorização do conhecimento. O presente trabalho tem por objetivo apresentar resultados preliminares de investigações que apontam para possíveis contribuições da extensa obra de Peirce à educação em ciências, especialmente em Química.

AS CATEGORIAS DO PENSAMENTO

Em 1867, Peirce concluiu que tudo que se apresenta à consciência o faz numa gradação de três propriedades: (1) Qualidade; (2) Relação (categoria posteriormente denominada Reação) e (3) Representação (posteriormente denominada Mediação). Buscando livrar suas categorias de possíveis interpretações inadequadas, decorrentes de associações desses nomes a termos já existentes, Peirce mais tarde optou por denominá-las *Primeiridade*, *Secundidade* e *Terceiridade*, respectivamente.

Ainda que tais categorias mostrem-se simultâneas e com diferentes gradações na maior parte dos casos, um exemplo apresentado por Moreira (2005) faz-se bastante esclarecedor, ainda que seja necessário chamar a atenção para a complexidade das categorias peirceanas. Trata-se de uma história familiar, que será aqui transcrita para que sejam preservados detalhes importantes à discussão promovida na sequência.

Minha mãe sempre comenta que, além dos balbucios do tipo “mama” e “papa”, as primeiras palavras pronunciadas por João – um de meus irmãos – foram, de fato, uma frase completa de franco estupor. Nos arredores da casa era muito utilizado o transporte por carroças. Passeando com o filho minha mãe apontava-as dizendo expressões tais como: “Olha o cavalo!”, “Que cavalo bonito!”. Então, ao ver pela primeira vez um cavalo livre pastando no campo, ela afirma que o pequeno arregalou os olhos de espanto e exclamou repetidamente: “Cavalo cortado! Cavalo cortado!” (Moreira, 2005, p. 25).

No exemplo acima apresentado o conjunto carroça + cavalo apresentou-se aos sentidos de João, numa primeira semiose, em sua inteireza, como uma *primeiridade*. As experiências associadas à expressão “Cavalo!”, repetida pela mãe na presença do

¹ Longe da intenção de aplicar reducionismos perigosos sobre o conceito de semiótica, tal ramo do conhecimento será entendido neste trabalho como ciência geral de todas as linguagens (verbais e não verbais), ou ainda, como a ciência dos signos, aqui entendidos como aquilo que potencialmente representa algo para alguém (Santaella, 2000).

conjunto, levaram João a uma situação empírica de *secundidade* – cuja recorrência levou o menino a seu primeiro conceito de cavalo, ou seja, “à formulação daquele signo que tinha como objeto a totalidade formada por cavalo + carroça” (Moreira, 2005, p. 25), constituindo um momento de *terceiridade*. A síntese triádica levou, assim, a um signo genuíno, que pode ser resgatado a qualquer momento. Numa segunda semiose, no entanto, uma nova primeiridade (a observação do cavalo sem carroça) levou a conflito (*secundidade*) que desencadeou a construção de um novo signo (*terceiridade*), “cavalo cortado”. Certamente, inúmeras outras semioses foram experimentadas até chegar ao conceito de cavalo que João deve apresentar hoje, na fase adulta. É interessante refletir, porém, que esse ainda deve diferir significativamente do apresentado por um especialista nessa espécie animal.

Além de maior aproximação das ideias de primeiridade, *secundidade* e *terceiridade*, o exemplo acima também permite inferir que é no último nível que se dá a “síntese intelectual” ou pensamento em signos, através do qual representamos e interpretamos o mundo (Santaella, 1984).

Considerando, assim, que é no nível da *terceiridade* que se dá a formação de conceitos, voltemos nossa atenção para os processos de representação mediada e algumas de suas possíveis contribuições ao ensino de ciências e da química, em especial.

A TERCEIRIDADE PEIRCEANA E A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Para Peirce, o processo de construção de significados envolve sempre uma tríade composta pelo *signo*, que ao representar determinado *objeto*, gera naquele com quem se relaciona um *interpretante*. Tal relação pode ser melhor compreendida nas palavras de seu criador:

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 interpretante². O objeto da representação é uma representação que a representação interpreta. Pode conceber-se que uma série sem fim de representações, cada uma delas representando a anterior, encontre um objeto absoluto como limite. A significação de uma representação é outra representação. Consiste, de fato, na representação despida de roupagens irrelevantes; mas nunca se conseguirá despi-la por completo; muda-se apenas para roupa mais diáfana (Peirce, 1974, p. 99)

Um primeiro ponto que merece ser destacado reside nas ideias de significação e interpretante. Para Peirce, “só percebemos aquilo que estamos equipados para interpretar” (Santaella, 2000, p. 52) de forma que

Para ler o signo, e distinguir um signo de outro, o que se faz necessário são percepções sutis e familiares com os concomitantes habituais de tais aparências, e com as convenções do sistema de signos. Para conhecer o objeto, o que é preciso é a experiência prévia desse Objeto Individual” (Peirce, 1974, p. 139)

Difícilmente podemos resistir ao estabelecimento de paralelos entre tais assertivas de Peirce, provavelmente elaboradas entre 1903 e 1904 e a teoria da

² 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.

assimilação da aprendizagem e retenção significativas de Ausubel, formalmente apresentadas no início dos anos 1960. Para Ausubel, o que gera significados verdadeiros (psicológicos) é a interação que novos conhecimentos estabelecem com ideias relevantes, previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 2000). Em outras palavras, novos conceitos, ideias ou proposições podem ser aprendidos de forma significativa na medida em que outras ideias, conceitos ou proposições estejam claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz e funcionem como pontos de “ancoragem” (Moreira, 1997).

Ainda que Ausubel buscasse uma teoria de aprendizagem significativa, em oposição a uma aprendizagem verbal por memorização, e Peirce buscasse os princípios fundamentais de todo e qualquer conhecimento – o que inevitavelmente levaria a teorias essencialmente diferentes – a influência das estruturas prévias de conhecimento na interpretação de novas situações, ou novos conhecimentos vivenciados, parece ser determinante para ambos os autores. Retomando a citação de Santaella (2000), mas agora de forma mais completa:

(...) o *percipuum*³ força-se sobre nós e está localizado abaixo do nível de nossa deliberação e autocontrole, aflui em nós e flui continuamente dentro de nós. Tão logo aflui, no entanto, é imediatamente colhido e absorvido nas malhas dos esquemas interpretativos com que somos dotados: os julgamentos de percepção. Daí Peirce dizer que só percebemos aquilo que estamos equipados para interpretar (Santaella, 2000, p. 52).

Ainda considerando a teoria ausubeliana de aprendizagem, a nova informação deve relacionar-se à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira substantiva e não arbitrária. A não arbitrariedade está relacionada aos conceitos subsunçores já mencionados. Já a substantividade pressupõe que o que deve ser incorporado à estrutura cognitiva é a *substância* do novo conhecimento e não as *palavras* usadas para expressá-lo. Considerando que o mesmo conhecimento pode ser expresso de diferentes maneiras através de signos ou grupo de signos, a aprendizagem significativa não pode depender do uso *exclusivo* de signos particulares (Moreira, 1997).

Ainda que a interpretação de *signo* para Ausubel precise ser mais bem investigada, e que não corresponda diretamente à compreensão peirceana³, podemos ampliar a noção de substantividade ausubeliana a partir de dois pontos da semiótica de Peirce: a incompletude e a conseqüente mútua complementaridade dos signos.

Considerando a incompletude, Peirce propõe que a ligação do signo ao objeto se dá sob algum aspecto e não sob a totalidade do objeto, pois, em caso contrário, o signo seria o próprio objeto. Daí sua insuficiência e impotência.

A equação $\text{CH}_4 (\text{g}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$, de natureza majoritariamente simbólica, não dá conta de todos os aspectos relacionados à combustão do metano, e menos ainda se considerarmos o processo de combustão de maneira mais geral. Assim, não são contemplados por essa representação simbólica, por exemplo, os aspectos macroscópicos e as modificações estruturais (em nível teórico-conceitual) nem os aspectos ambientais e econômicos associados a essa transformação. Ao ser apresentada a um intérprete em potencial (nossos estudantes de Química, por exemplo) a ação da equação enquanto signo é a de se desenvolver em

³ Objeto imediato da percepção ou percepto, tal como aparece àquele que percebe (Santaella, 2000).

³ De fato, em diversas passagens de sua obra Ausubel emprega a denominação *signo* como sinônimo de *símbolo*. Para Peirce, os signos podem ser classificados como *ícones* (quando a relação com seu objeto está numa mera comunidade de alguma qualidade), *índices* (quando a relação com seu objeto consiste numa correspondência de fato ou relação existencial) ou *símbolos* (quando a relação com seu objeto depende de um caráter imputado, convencional ou de lei).

um interpretante⁴ onde busca se completar, ou seja, sua tendência é crescer, desenvolvendo-se num outro signo, para o qual é transferido o facho da representação (Peirce, 1974).

O aspecto ativo e de crescimento dos signos tem sido observado em outra instância: na análise de imagens presentes em livros didáticos destinados ao ensino superior de Química no Brasil ao longo do século XX. Situações ou fenômenos que eram representados unicamente segundo seus aspectos macroscópicos (de caráter mais indicial, na interpretação peirceana) no início do século passado, passam a ser representadas segundo aspectos cada vez mais complexos e abstratos, os quais chegam a aparecer, inclusive, de forma simultânea. As figuras abaixo ilustram tal observação.

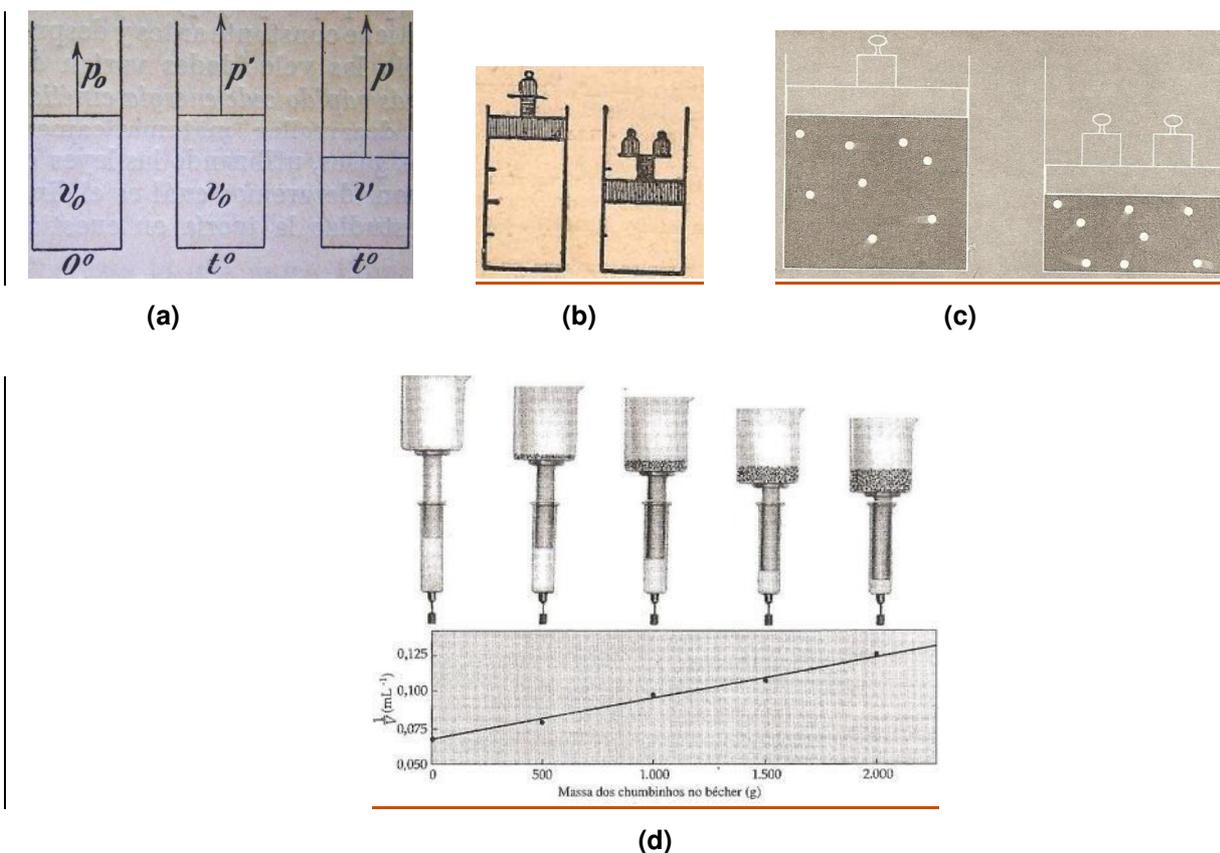


Figura 1. Representações para as relações pressão – temperatura – volume para gases. (a) Relação entre a pressão de um gás, seu volume e sua temperatura (Bavink, 1928); (b) Lei de Boyle-Mariotte (Puig, 1936); (c) Explicação da lei de Boyle pela teoria cinética (Sienko e Plane, 1968). Ao representar as relações entre pressão e volume, os autores do início do século não se comprometiam com a representação do fenômeno em nível teórico-conceitual; (d) Maneira simples de demonstrar a lei de Boyle – proposta de experimento com seringa, béquer e chumbinho (Kotz, 1998).

Outro exemplo bastante pertinente e interessante pode ser extraído do trabalho de Vollmer (2006), que discute a questão das representações espaciais na Química:

⁴ É importante reiterar, nesse momento, a dependência entre o interpretante e as experiências prévias do intérprete. Considerando o exemplo mencionado, a compreensão dos aspectos simbólicos ou dos outros aspectos relacionados à combustão poderá ocorrer de diferentes maneiras pelos estudantes, em função das diferentes concepções prévias por eles apresentadas.

A representação das relações espaciais entre átomos pela demonstração de sua geometria foi introduzida sistematicamente nas representações químicas por Dalton quando ele representou as relações espaciais entre átomos em moléculas através de círculos que os representavam (...) Nesse sistema, os átomos e suas representações compartilhavam a geometria em duas dimensões. Quando especulações sobre a forma tridimensional das moléculas tornou-se comum, era necessário um método para representá-la. Sistemas nos quais os diagramas continuavam a compartilhar com os átomos uma geometria em duas dimensões, e que também representavam a terceira dimensão, foram introduzidos nas representações químicas, como os diagramas de van't Hoff das geometrias de centros carbônicos utilizando projeções de um tetraedro (Vollmer, 2006, p. 306).

O entendimento do caráter ativo dos signos constitui, nesse contexto, importante contribuição às discussões sobre epistemologia da ciência, uma vez que acaba por contrariar a possibilidade de existência de *uma* “verdade científica”, ao passo que

O longo curso do tempo sempre demonstrará que aquilo que foi tomado como completo não passava de apenas um dos aspectos parciais do objeto, visto que este, na sua inteireza ou totalidade, não pode ser capturado nas malhas dos signos. Por mais que a cadeia sógnica cresça, o objeto é aquilo que nela sempre volta a insistir porque resiste na sua diversidade (Santaella, 2000, p. 31).

Nesse contexto, a ideia de que os signos são mutuamente complementares dispensa maiores explicações. Uma vez que não há um limite *a priori* para o número de signos associados a um objeto, ou para o potencial de sua interpretabilidade, não existe signo autossuficiente.

Tal insuficiência é bem exemplificada por Peirce (1975) ao discutir as possibilidades de significado da palavra “cabo”:

A palavra Signo será usada para denotar um Objeto perceptível, apenas imaginável ou mesmo insuscetível de ser imaginado em um determinado sentido – a palavra “cabo”, que é um Signo, não é imaginável, pois não é *essa palavra mesma* que pode ser inscrita no papel ou pronunciada, mas apenas um dos aspectos que pode revestir; trata-se da mesmíssima palavra quando escrita e quando pronunciada, mas é uma palavra quando significa “posto de hierarquia militar”, outra quando significa “ponta de terra que entra pelo mar” e terceira quando se refere a “parte por onde se segura objeto ou instrumento” (Peirce, 1975, p. 95).

É possível propor aproximações, que ainda requerem análises mais profundas, entre tal discussão e a noção de perfil conceitual proposto por Mortimer (1995), segundo a qual um único conceito pode estar disperso entre vários tipos de pensamento filosófico e apresentar diversas características ontológicas, de forma que variadas formas de compreensão da realidade podem co-habitar a estrutura cognitiva de um indivíduo, as quais podem ser usadas em seus contextos apropriados.

Tais considerações, especialmente a possibilidade de existência de inúmeros signos associados a um objeto, assumem especial importância quando aplicadas a um campo do conhecimento que trabalha essencialmente com representações, como é o caso da ciência Química.

Deve-se considerar, ainda, a dimensão educacional dessa característica, uma vez que a necessidade de constante manipulação de fenômenos, símbolos e modelos faz com que a habilidade de manejo e compreensão de diferentes sistemas sóicos seja ponto crucial não só no processo de construção do conhecimento químico, mas também no seu ensino e aprendizagem. Concordando com Hoffmanⁿ (2007), “O processo representacional na química é um código compartilhado dessa subcultura” (Hoffmanⁿ, 2007, p. 99). Sobre as implicações de tal característica da ciência química em seu processo de ensino e aprendizagem, Johnstone afirma que

“[o entendimento do nível microscópico] é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, e a fraqueza de nossa disciplina quando tentamos ensiná-la, ou o mais importante, quando os estudantes tentam aprendê-la” (Johnstone, 2000, p. 11).

De fato, diversas pesquisas vêm demonstrando a dificuldade de construção de modelos associados a diferentes conceitos químicos, ou seja, a dificuldade de extrapolação, aplicação de conceitos e proposição de explicações a diferentes situações propostas. Destacam-se, como exemplo, as dificuldades apresentadas por estudantes de diferentes níveis de ensino na discussão de conceitos como dissolução (Souza e Cardoso, 2007; Souza e Cardoso, 2009) e equilíbrio químico (Souza e Cardoso, 2008).

A semiótica de Peirce também parece contribuir para a interpretação e discussão de possíveis soluções ao problema apresentado.

Góis e Giordan (2007) apresentam contribuição nesse sentido ao discutir os processos de significação de representações químicas em sala de aula, destacando, especialmente, as dimensões indiciais, icônicas e simbólicas dessas representações. Nessa discussão, os autores focam seu interesse na ideia do signo. Um aspecto ainda pouco explorado na semiótica peirceana, no entanto, refere-se aos conceitos de *hábito* e *mudança de hábito*, mais associados à ideia de interpretante, os quais acreditamos apresentar especial relevância para as discussões em educação em química.

MAIS SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS: OS INTERPRETANTES EM PEIRCE

Nas palavras de Peirce,

Os elementos de todo conceito entram no pensamento lógico através dos portões da percepção e dele saem pelos portões da ação propositada; e tudo aquilo que não puder exibir seu passaporte em ambos esses portões deve ser apreendido pela razão como elemento não autorizado (Peirce, *in* Santaella, 2000, p. 46).

O portão de entrada refere-se ao *percepto*, objeto direto da percepção, exterior à mente interpretativa e que se força sobre ela. O processo de significação levará à elaboração de um *interpretante*, o portão de saída mencionado por Peirce.

Em 1907, Peirce propôs que os interpretantes possuem dimensões emocionais, energéticas e lógicas. Segundo Santaella (2000), o *interpretante emocional*, de sentido mais vago e indefinido, refere-se ao aspecto qualitativo produzido pelo signo, enquanto o *interpretante energético* corresponde a um ato no qual alguma energia (física ou mental) é despendida. O *interpretante lógico*, por sua vez, é definido como o pensamento ou entendimento geral produzido pelo signo, ou ainda, como uma “regra geral, que não se confunde com um conjunto de palavras, mas é mais propriamente um hábito de ação que pode ser expresso por palavras” (Santaella, 2000, p.79 – grifo

nosso). Em sua última instância, o interpretante lógico consiste na apreensão intelectual do significado de um signo. É logicamente impossível, portanto, que um interpretante lógico último seja ele mesmo um signo, incoerência que origina a ideia de *hábito*, definida como

(...) qualquer modificação na disposição de uma pessoa, quando acionada por certos desejos, para responder a condições perceptuais por uma conduta de um certo tipo, tais modificações resultando de experiência exterior prévia e de certas ações de esforço voluntário prévio por parte dessa mesma pessoa (Santaella, 2000, p. 80)

Partindo da hipótese de que todo sistema usuário de signos possui a capacidade de adquirir hábitos, torna-se plausível considerar a possibilidade de *mudança ou quebra* de tais hábitos. De fato, tal capacidade para modificar seus hábitos deve estar necessariamente presente em qualquer sistema usuário de signos, embora possa apresentar-se em diferentes gradações (Farias, 1999). A autora ainda alerta para a possibilidade de existência de hábitos fixos e rígidos, os quais dificultariam (ou mesmo impediriam) a ação do signo, fazendo com que os sistemas que os contêm não possam ser considerados como efetivos usuários de signos.

Nessa perspectiva, é possível inferir que o domínio do conhecimento químico, além de pressupor a livre transição entre as abordagens fenomenológica, representacional e simbólica de seu conhecimento (Mortimer *et alii*, 2000), também pressupõe a capacidade de construção e desconstrução de hábitos. Considerando um exemplo, quando um estudante mostra habilidade na discussão do processo de dissolução de cloreto de sódio em água, mas não consegue aplicar os conceitos de polaridade, interações soluto-soluto e soluto-solvente, e outros igualmente relevantes, na discussão do processo de obtenção de solução aquosa de ácido clorídrico, pode-se considerar a existência de hábitos fixos e rígidos que dificultam a extrapolação do conceito ou, nas palavras de Peirce, a efetiva construção de um interpretante lógico.

A análise de livros didáticos destinados ao ensino superior de Química vem trazendo alguns elementos e contribuições à referida discussão. Tal contribuição assume especial relevância se considerada a inegável influência que os livros didáticos exercem em sala de aula, seja direta ou indiretamente, através da apresentação dos consensos educacionais ou referenciais curriculares.

A *Figura 2* traz as representações encontradas para o fenômeno de eletrólise em obras didáticas destinadas ao ensino superior em Química em diferentes momentos do século XX:

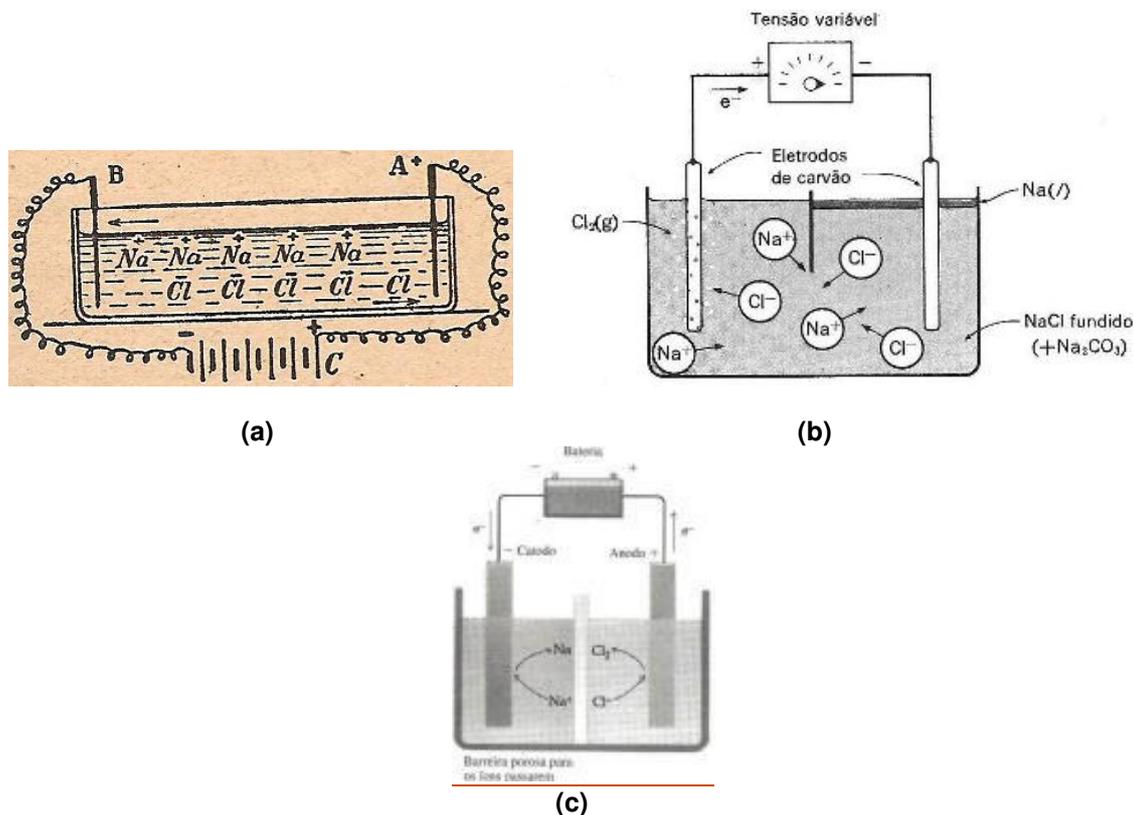


Figura 2. Representações para o fenômeno de eletrólise disponíveis em obras didáticas ao longo do século XX: (a) Eletrólise do NaCl (Puig, 1932); (b) Eletrólise do NaCl (Pimentel e Spratley, 1974); (c) Eletrólise do NaCl (Kotz, 1998).

Como exemplo adicional, a *Figura 3* traz representações para o fenômeno de dissolução.

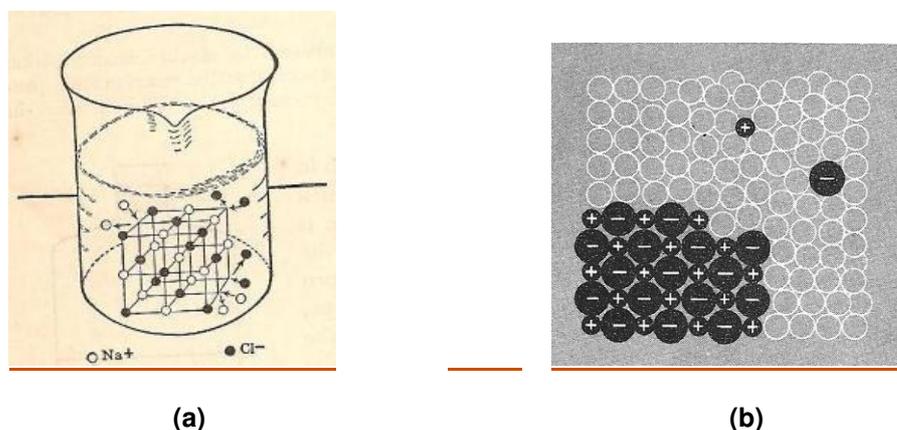


Figura 3. Representações para o fenômeno de dissolução disponíveis em obras didáticas ao longo do século XX: (a) Equilíbrio de dissolução do NaCl (Holmes, 1946); (a) Representação esquemática da dissolução do NaCl (Sienko e Plane, 1968)

É importante ressaltar a presença massiva do cloreto de sódio como substância “eleita” como exemplo quase universal na apresentação dos conceitos de dissolução e eletrólise. O mesmo pode ser estendido para a formação do ácido iodídrico, quando o assunto é a teoria de colisões, e a representação também quase exclusiva de equilíbrios gasosos quando são discutidos os equilíbrios químicos.

Em uma análise do ponto de vista da semiótica peirceana, a ilustração apresentada nos livros pode representar, para o estudante, o percepto, porta de entrada de todo conceito. Tal construto apresenta a potencialidade de deixar naquele que percebe um “hábito imaginativo poderoso” (Santaella, 2000, p. 46), na figura da memória do percepto, a qual permite, inclusive, a reprodução de modificações do que foi inicialmente percebido. A conversão desse percepto em interpretante lógico, no entanto, depende das condições de seu desenvolvimento. Segundo Santaella (2000),

(...) não se deve supor que sob toda apresentação de um signo capaz de produzir um interpretante lógico tal interpretante deva efetivamente ser produzido (...) em determinadas situações, mesmo sendo triádico, o signo pode ter seu processo interpretativo interrompido em qualquer um dos momentos da geração do interpretante, visto que este momento pode ser suficiente para a função que o signo cumpre naquela situação (Santaella, 2000, p. 87).

O trecho acima transcrito assume especial relevância na educação em ciências, inclusive como explicação à persistência das concepções alternativas associadas aos conhecimentos científicos. No caso específico das dificuldades de extrapolação de um modelo conceitual a diferentes situações propostas, caberia refletir se as estratégias de ensino vêm propiciando oportunidades ao pleno desenvolvimento do interpretante lógico. Ao “fossilizar” determinadas representações para fenômenos específicos, os livros didáticos não parecem contribuir positivamente para esse processo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A defesa, há mais de 100 anos, da ideia geral de que nosso processo de leitura do mundo faz-se através de signos, e as conseqüentes relações decorrentes dessa consideração, faz de Charles S. Peirce, no contexto das discussões desenvolvidas ao longo deste trabalho, autor de ideias que podem ser aplicadas no ensino e na epistemologia das ciências de maneira surpreendentemente contemporânea.

Buscou-se, no presente trabalho, a apresentação de algumas ideias constituintes da semiótica peirceana que se apresentam potencialmente interessantes quando aplicadas à discussão e melhor compreensão não só do processo de construção do conhecimento científico, mas também de seus processos de ensino e aprendizagem. Considerando a Química, objeto de especial interesse para os autores, uma ciência cujo desenvolvimento dá-se essencialmente a partir de representações, a teoria dos signos de Peirce parece fornecer importantes subsídios não apenas para os processos de discussão epistemológica e educacional, mas ao próprio delineamento de uma filosofia da Química.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

BABOR, J. A. **Química General**. 2. ed. Barcelona: M. Marín, 1943.

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

BRENT, J. **Charles Sanders Peirce: a life**. Indiana: Indiana University Press, 1998.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo o conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

FARIAS, P. L. Semiótica e cognição: os conceitos de hábito e mudança de hábito em C. S. Peirce. **Revista Eletrônica Informação e Cognição**, v. 1, n. 1, p. 12-16, 1999.

GOIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representatividade. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 34-42, 2007.

HOFFMANN, R. Como é essa molécula? In: HOFFMANN, R. **O mesmo e o não mesmo**. São Paulo: UNESP, 2007, p. 99-105.

HOLMES, H. N. **Introductory College Chemistry**. 4th. ed. New York: McMillan Company, 1946.

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

KOTZ, J. C.; TREICHEL Jr., P. **Química e reações químicas**. v. 1 e2. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRIGUEZ, M.L. (coord.) **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. 1997, Burgos, Espanha, 1997, p. 17-45.

MOREIRA, T. M. L. **A interpretação da imagem: subsídios para o ensino da arte**. 2005. Tese (Doutorado em Artes) – Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, n.3 p.267- 285, 1995.

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.

PIMENTEL, G. C.; SPRATLEY, R. D. **Química: um tratamento moderno**. 2. v. São Paulo: Edgard Blücher, EdUSP, 1974.

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.

_____. **Matrizes da linguagem e pensamento: sonora, visual, verbal**. São Paulo: Iluminuras, 2001.

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

SOUZA, K.A.F.D. **O ensino universitário de Química em descompasso: dificuldades de futuros professores na construção do pensamento químico**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química de Araraquara, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

SOUZA, K.A.F.D., CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 51-56, 2008.

SOUZA, K.A.F.D., CARDOSO, A. A. A formação em Química discutida com base nos modelos mentais de estudantes de pós-graduação acerca do fenômeno de dissolução. **Química Nova**, v.32, n.1, p. 237-243, 2009.

SOUZA, K.A.F.D., CARDOSO, A. A. Aspectos macro e microscópicos do conceito de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, v. 27, p. 51-56, 2008.

VOLLMER, S. H. Space in molecular representation; or how pictures represent objects. In: BAIRD, D.; SCERRI, E.; McINTYRE, L. (eds.) **Philosophy of Chemistry**. Dordrecht: Springer, 2006, p. 293-308.