

## Charles Sanders Peirce e a Química

Débora Schmitt Kavalek (PQ), Marcos Antonio Pinto Ribeiro (PQ) Diacuí Moraes (IC) Lisandro Bacelar (PQ), Nájila da Silva Nunes (IC), Diogo Onofre gomes de Souza (PQ).  
*quimicadebora@hotmail.com*

*Palavras-Chave: Peirce, filosofia da química, ensino de Química, ideias claras, diagramaticidade*

### RESUMO:

Esse trabalho faz parte de um projeto maior e parte da seguinte tese: a Química foi central no século XX, tendo influenciado a reflexão de filósofos centrais para o pensamento humano. Contudo, a centralidade da Química em seu pensamento foi pouco ainda explorada. Vemos isso verificar-se, por exemplo, nas ideias de Pierre Duhem, Gaston Bachelard, Charles Sanders Peirce e Michael Polanyi. Porém, não identificamos o legado da Química em sua obra, nem tão pouco empregamos as reflexões desses autores para pensar a natureza da práxis química. De outro lado, também temos identificado que isso é indicador de variados estilos cognitivos e didáticos ainda não suficientemente cartografados e integrados no currículo de Química. Em outros trabalhos identificamos a obra de Bachelard que, apesar de já ter sido integrada ao ensino, ocorre de forma deformada. Nesse trabalho iremos analisar a obra de Charles Sanders Peirce.

### INTRODUÇÃO

Há uma necessidade de revisitar a obra de alguns autores clássicos da filosofia para repensar a Química e seu sistema pedagógico. Dentre os clássicos, Bachelard é o mais explorado, mas como um filósofo da física (RIBEIRO, 2014). Aqui analisaremos a obra de Charles Sandres Peirce. Os principais trabalhos que aproximam a química à obra de Peirce são em relação à semiótica (GOIS, 2007). Nesse trabalho iremos, a partir de várias investigações, em diversos contextos, analisar a obra de Charles Sanders Peirce e a Química. Nomeadamente, a diagramaticidade, o pensamento abduativo e ideias claras, fruto do trabalho de três pesquisas diferentes coordenadas sobre o mesmo tema: a importância da obra de Peirce para a Química.

### A QUÍMICA NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CHARLES SANDERS PEIRCE

Charles Sanders Peirce foi um filósofo-químico que explorou e explicitou problemas relativos a esse contexto. Ele foi treinado em Química desde os 8 anos de idade. Seibert (2001), em um artigo intitulado *Charley Peirce's Head Start in Chemistry*, argumenta que a experiência de Peirce no laboratório de Química, nos tempos juvenis, é filosoficamente importante como sua primeira lição de lógica e de lógica da ciência.

O autor argumenta que o método hipotético-dedutivo, apreendido no laboratório, o preparou para sua formulação posterior do pragmatismo. Seibert (2001, p. 208) conclui que “a experiência de laboratório de Química em sua infância foi filosoficamente formativa para as principais formas filosóficas de Peirce.” As atividades desenvolvidas no laboratório de Química Analítica ajudaram a explorar a lógica relacional e o pragmatismo em seu sistema filosófico, desenvolvendo a teoria dos grafos (SEIBERT, 2001). Para Seibert (2001, p. 208):

a respeito do desenvolvimento filosófico de Peirce, o primeiro ponto a considerar é que o laboratório de química foi a sua exposição inicial à lógica e à lógica da ciência. Uma segunda consequência filosoficamente importante da sua actividade laboratorial ele chamará de “preparação para o pragmatismo” (ou como Peirce chamou sua doutrina, “pragmaticismo”). Peirce insistiu que seu método pragmático enfocava o significado das palavras e sentenças, não a verdade das proposições.

Seibert (2001) considera que a Química esteve no coração do trabalho filosófico de Peirce, nomeadamente, na forma de pragmatismo, pensamento relacional, teoria dos grafos e a semiótica. Peirce trabalhou com a Química Analítica Qualitativa desde os oito anos de idade e teve contato com a Química Orgânica já em seu início. No final do século XIX e início do século XX, houve intenso desenvolvimento desta; os objetos já não podiam ser determinados e instanciados simplesmente pela composição, peso e conectividade, sendo considerado necessário o desenvolvimento de novas formas de modelos e representações. Impunha-se a criação de uma grafia própria, de uma semiótica própria para a Química. Para Seibert (2001), corroborado por Schummer (2003), isto influenciou o trabalho de Peirce.

## DIAGRAMATOLOGIA PEIRCIANA E A QUÍMICA

Vimos a afirmar na tese de doutorado (RIBEIRO, 2014) que a diagramaticidade é uma dimensão cognitiva, epistemológica e pedagógica com autonomia na Química. Essa afirmação está inserida no pensamento de Peirce. Aqui fazemos uma aproximação bibliográfica cruzando a história e filosofia da Química e o seu ensino. Gois (2012, p.33) é um autor que aproximou Peirce à Química de forma mais profunda. Ele identifica relações entre a Semiótica e a Química. Relacionado à linguagem química, o autor afirma que,

Em nenhuma outra área do conhecimento ocorreu essa convergência de informações empíricas e convencionais de maneira tão pronunciada. O objeto molecular dos químicos é uma quimera epistemológica, pois junta, numa mesma escrita, dados e propostas. Acreditamos que nesse aspecto, ou seja, de que nas representações químicas as informações empíricas e convencionais estejam grafadas de maneira amalgamada e ingênua, a química apresenta um diferencial em relação às outras áreas de conhecimento, mesmo as mais próximas. [...] Não é esse o caso da matemática, por exemplo, que é convenção pura, nem da física, que não precisa inventar a maioria de suas representações para usar como objeto de pesquisa, já que preferiu descrições matemáticas para grande parte dos seus objetos. Nem na biologia, que não precisa criar entidades que agregam informações empíricas e propostas teóricas em grande parte de suas investigações, já que muitos de seus objetos de pesquisa são visíveis a olho nu ou ao microscópico. As representações certamente são mais importantes para a química em comparação a outras áreas, porque em nenhuma outra área das ciências da natureza há essa necessidade de criar entidades quiméricas de teoria e dados, com o objetivo explícito de serem usadas tanto como ferramentas quanto como objeto de investigação.

A Química possui uma semiótica própria e esta sua linguagem simbólica vem sendo amadurecida desde os alquimistas. O século XVIII é caracterizado pelo paradigma composicional da Química, do qual o sistema de classificação teve um grande desenvolvimento. Contudo, já no final do século XIX, com o crescente

desenvolvimento da Química Orgânica e a multiplicação de novas substâncias<sup>1</sup>, ficou evidente que apenas a determinação do peso e a composição química não eram critérios suficientes para a determinabilidade e instanciação das substâncias químicas (GOODWIN, 2008). No seu desenvolvimento cognitivo, a Química passa a inscrever-se em outro registro filosófico, a filosofia dos signos, da imagem, uma filosofia simbólica.

Esse sistema simbólico da Química é responsável pela maior produtividade entre os diversos ramos científicos (SCHUMMER, 1997a, 1997b). Os químicos utilizam diferentes representações (OURISSON, 1986; HOFFMANN; LASZLO, 1991), fórmulas moleculares, gráficos, curvas de temperaturas, diagramas, *spectrum* etc. Tais representações indicam que existem distintas interpretações teóricas, tendo cada uma suas próprias regras e propósitos preditivos e explicativos. Assim, a fenomenologia química deve ser compreendida, além do fato da ausência de unidade da teoria em que se baseia a conceitualização da química (LOMBARDI, 2012; LABARCA; LOMBARDI, 2005; RIBEIRO; COSTA-PEREIRA, 2012). “Falar de química como um campo unificado obscurece a pluralidade de métodos e tradições históricas e objetivos científicos deste campo, bem como as variedades de projetos interdisciplinares que os químicos trabalham” (SCHUMMER, 1998). Como sublinha Bachelard (2009, p.7),

O pensamento do químico parece oscilar entre o pluralismo e a redução da pluralidade. Assim, primeiro se vê que a Química não hesita em multiplicar as substâncias elementares, em considerar compostos heterogêneos, surgidos muitas vezes do acaso experimental; esse é o primeiro tempo da descoberta. Depois, uma espécie de escrúpulo intervém. Sente-se a necessidade de um princípio de coerência, tanto para compreender as propriedades das substâncias compostas como para captar o verdadeiro teor das substâncias elementares.

Neste sentido, apesar de ser correto afirmar a existência do pluralismo e polissemia das representações em Química, salientamos que as fórmulas estruturais são o tipo de representação que os químicos mais utilizam. Contudo, ainda são usadas de forma arbitrária em livros didáticos de química (ARAUJO-NETO, 2009). Químicos, enquanto trabalham com substâncias nos laboratórios, construindo reações, pensam em termos de fórmulas estruturais, modificações estruturais, conexões, rearranjos eletrônicos; assim, visualizam e criam. Trata-se de uma ação caracterizada por um realismo operativo, uma epistemologia do aprender fazendo que, fundamentada por uma metaquímica orientadora da sua prática, não tem como valores fundamentais as verdades de suas construções, a explicação última da realidade, mas a possibilidade de suas representações (KOVAC, 2002; NORDMANN, 2006; BENSUADE- VINCENT, 2009; RIBEIRO, 2014). Nesse sentido, “os símbolos querem exprimir estruturas reais.” (BACHELARD, 1990, p.187).

Aparentemente, as fórmulas estruturais não têm nada a ver com as propriedades materiais das substâncias, e vice-versa. Contudo, se não houvesse uma forte correlação entre essas duas operações, os químicos correriam o risco de cair em uma esquizofrenia (SCHUMMER, 1997, 1999). Essa correlação é feita pelo pressuposto da tese da superveniência e do microestruturalismo. Uma mudança na estrutura molecular corresponde a uma mudança na substância, e vice-versa (SCHUMMER, 1998). E isto se efetiva exatamente como milhões de novas substâncias têm sido previstas e produzidas durante os últimos 100 anos (SCHUMMER, 1997b,c), provando que uma

<sup>1</sup> Principalmente da orgânica, no final do século XIX passou-se de cerca de 10.000 substâncias para quase 100.000.

linguagem dos signos químicos é, atualmente, uma das mais poderosas teorias preditivas nas ciências como um todo (SCHUMMER, 1998).

Na literatura em Filosofia da Química identificamos que a revista *Foundations of Chemistry* discutiu temas como: Charles Sands Peirce, fórmulas de Berzelius, relação estrutura propriedade, iconicismo alquímico, relações matemáticas, teoria dos grafos, explicações em orgânica, imagens. A revista *Hyle* discutiu, principalmente, a visualização. Em uma edição, linguagem simbólica e modelos; em duas edições, topologia, realidade virtual, uso acríptico dos modelos, modelos dinâmicos, semiótica e pragmática das representações.

Um diagrama caracteriza-se pela criação de uma linguagem específica para comunicar, mas que também serve como ferramenta heurística de previsão e de explicação. Historicamente, a relação com a Química alcança esplendor no século XIX, principalmente a partir de 1860, com a proposição das fórmulas estruturais de Berzelius e, atualmente, há uma busca de sistematização teórica e matemática via topologia e simetrias (EARLEY, 2000).

Woody (2000) usa o termo *diagrammatic reasoning* para se referir a razão química. Para Woody (2000), um diagrama tem “função comunicativa: Químicos usam para visualizar, expressar suas metas de investigação, retoricamente para se comunicar entre pares e entre o público” (p. S617). Um diagrama tem a característica de ser: expressivo, representativo, operativo, explicativo, descritivo e heurístico. Os químicos o empregam para visualizar metas de investigação, verificar a composição e estrutura e os objetos sintetizados.

Goodwin (2008) é o filósofo da Química, de formação em Química Orgânica, que tem reiteradamente trabalhado na linguagem diagramática desta ciência. Ele faz duas considerações sobre Química Orgânica: diagramas são onnipresentes, tanto em textos pedagógicos como profissionais; a química orgânica é uma disciplina menos matematicamente intensiva que as ciências físicas. “As teorias primárias empregadas em orgânica não são matemáticas, mas diagramas.” (GOODWIN, 2008a, p. 181).

Como trabalhar com representações e diagramas? Que tipos de representações existem em Química? Como estão as representações e diagramas no tempo histórico da Química? Para resolver que problemas? Em que subdisciplinas de Química a competência representacional é mais presente? Essas perguntas só ocuparam a agenda da Educação Química recentemente. Destacam-se principalmente os estudos sobre visualização (GILBERT, 2009) e representação estrutural (GOIS, 2012; ARAÚJO-NETO, 2009).

A principal relação com o ensino tem sido veiculada com a competência representacional e as habilidades de visualização. Esse tema tem sido estudado pela Psicologia Cognitiva. Foi negligenciado pelo ensino de ciências até final do século XX e não está presente nos programas das disciplinas analisadas. A principal referência teórica da Educação que tem sido utilizada para pensar essa dimensão é a teoria da codificação dual. A aprendizagem é melhorada quando é utilizada a codificação escrita e visual.

A visualização é resultado de uma combinação analítica de estratégias visuais e não visuais. Envolve imaginação espacial. Na concepção de Kozma e Russel (2007), os principais fatores vinculados à visualização são: percepção espacial: percepção dos objetos espacialmente; visualização: visualizar, fazer presente na mente; rotação mental: rotacionar estruturas no espaço; relação espacial: entender relações no espaço; orientação espacial: orientar-se mentalmente no espaço.

Alguns autores (GILBERT, 2009; KOZMA; RUSSEL, 2007) têm identificado as relações entre a competência de visualização e a profissionalização química. Algumas

dificuldades no ensino e aprendizagem de habilidades visuais têm sido creditadas ao aprendizado do significado das representações. Mesmo após terem recebido grande instrução acerca do tema, identifica-se que os alunos continuam considerando fórmulas estruturais e moleculares como abreviação de nomes, em detrimento de associá-las à estrutura ou constituição. Eles têm também dificuldade para realizar traduções entre fórmulas, intercambiar representações e converter representações de duas para três dimensões.

Um exemplo de um estudo de caso da necessidade do estudo filosófico dessa dimensão pode ser identificado no uso quase acrítico, durante quase 30 anos, do triângulo de Johnstone (1982). No ano de 2009, foi lançado um livro sobre as múltiplas representações em Química (GILBERT, 2009) que usa o triângulo do Johnstone como orientação teórica. Só recentemente, surgiram críticas filosoficamente fundamentadas (LABARCA, 2010; ARAUJO-NETO, 2009) que reconhecem limites a essa aproximação, principalmente por ela confundir dimensões ontológicas, linguísticas e matemáticas, níveis de descrição e análise e tipos químicos.

O caráter diagramático da linguagem química ressalta a importância dos modelos na explicação química e da modelagem (JUSTI, 2006) como técnica de ensino. Modelos são esquemas ou estruturas que correspondem a objetos reais, eventos ou classes de eventos com poder explicativo. Aquisição de conhecimento declarativo é uma das funções dos modelos. Entretanto, os modelos ainda são usados de forma implícita na explicação dos fenômenos químicos e geram grandes dificuldades no seu uso. Os estudantes pensam os modelos como brinquedos ou cópias da realidade; acham que os modelos são produzidos conscientemente, com um propósito, com algum aspecto da realidade sendo omitido. Dentro dessa perspectiva é difícil colocar questões relacionadas a avaliação, revisão e desenvolvimento dos modelos químicos.

Também não fazem distinções claras entre a pluralidade de modelos, quase tornam ferramentas implícitas na aprendizagem química. Exemplo: desde que NaOH é uma base forte (Arrhenius),  $\text{Na}^+$  é um ácido conjugado extremamente fraco, não possuindo tendência para reagir com  $\text{H}_2\text{O}$  para formar NaOH e íon  $\text{H}^+$  (Bronsted-Lowry). Esse exemplo mistura o modelo de Arrhenius com o modelo de Bronsted-Lowry. Outro problema com o uso de modelos é a ênfase dada pela mecânica quântica. Aqui há uma confusão entre modelos pictóricos e modelos matemáticos.

Outro problema do ensino é que os modelos explicativos não podem ser gerados de dados obtidos em atividades laboratoriais, devendo ser encorajada a construção explícita de tais modelos. A experimentação em Química não é utilizada para avaliar, desenvolver e revisar modelos, mas é tipicamente implementada como uma coleção de dados e interpretação de forma muito indutivista. Também os modelos químicos são usados em operações concretas, substituindo a necessária abstração, a exemplo de bolas que substituem átomos. Essa substituição de signos icônicos e simbólicos por signos pictóricos gera alguns problemas como: separação da informação conceitual da representação física apropriada; foco nos modelos químicos como modelos físicos, subestimando-se a complexidade e diversidade dos modelos químicos; hipótese de que operações concretas originam maior aprendizagem.

Para Erduran, Adúriz-Bravo e Naaman (2007), muitos problemas da aprendizagem em Química podem ser caracterizados por uma confusão de modelos; confusão que gera outra possível fonte de problemas de aprendizagem, os linguísticos. Por exemplo: a camada de elétron é entendida, às vezes, como uma proteção; a reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra. Essa confusão de modelos ofusca também o problema central nas explicações químicas: a regra do

octeto é generalizada para racionalizar a ligação química, ofuscando-se as interações elétricas; a explicação da eletronegatividade é explicada por esquemas, ofuscando-se sua natureza elétrica.

## RACIOCÍNIO ABDUTIVO NA PESQUISA E NO ENSINO

Analisando ideias secundárias de Peirce, percebe-se que, além de problematizar o pensamento diagramático, Peirce problematiza o pragmatismo, a Semiótica, denominada ciência dos signos e seus aspectos lógico-científicos, conhecidos como Raciocínio Abduativo. Para Formosinho (1987) o raciocínio abduativo utiliza o método da melhor hipótese, a hipótese forte. Esse método, temos vindo a identificar que é muito utilizado na química. Fizemos essa análise em uma investigação em nível de trabalho de conclusão de curso (NUNES, 2015).

Peirce sempre ressaltou em suas escrituras a importância dos métodos de observação, hipótese e experimentação como ponto de partida para o avanço da ciência, ressaltando que este pensamento lógico-científico é temporário, mutável para se manter um equilíbrio (PEIRCE, 1974 *apud* MATTOS *et al.*). Depois de Leibniz, Peirce foi quem mais lutou em defesa da possibilidade da chamada lógica da descoberta. Segundo Peirce a “ars inveniendi” é a autêntica ciência; e a forma mais fiel desta ser vista é o método dos métodos (PEIRCE *apud* SILVA *et al.* 2006 - 2007) (POMBO, 1997 *apud* SILVA *et al.* 2006 - 2007).

Peirce, influenciado pelas ideias kantianas, define a abdução como um raciocínio que propicia partida para o processo lógico; neste processo, as ideias sobre dados resultam no esclarecimento fenomenológico por meio de hipóteses que possam ser verificadas através de experimentos (SANTAELLA, 2004 *apud* MATTOS *et al.*). Neste sentido, a semiótica de Peirce é baseada em três tipos de inferência: a dedução, a qual é estudada de forma mais tradicional, a indução e a abdução, que possuem suas peculiaridades. Para Peirce, esses tipos de raciocínio são indispensáveis para uma mente cognitiva possuir certos tipos de pensamentos, em todos os níveis, em qualquer situação, na medida em que remete ao exercício prático de realizarem-se inferências (PEIRCE, 1975 *apud* MARCOS *et al.* 2005). Ao perceber o mundo que nos cerca de tal modo que a precisão dos fatos observados nos permita efetuar transformações ou até mesmo percepções iniciais sobre o que foi analisado, viabiliza a reelaboração de hipóteses. Desta maneira “A inferência não é um processo mecânico, mas é a expressão adequada da representação e do alcance da verdade”: mais ainda, realizar inferências é necessário para o crescimento das ideias (SILVEIRA, 2007 *apud* MANECHINE *et al.* 2010).

Para Peirce a dedução é a inferência mais simples de maior credibilidade, pois esta não tem caráter criativo, apenas acrescenta ideias em um conhecimento já existente, possuindo grande utilidade na aplicação de regras gerais. Já a inferência indutiva parte de um raciocínio que vai além de aplicação de regras gerais; origina-se do pressuposto no qual a aplicação da regra surge através do resultado. O raciocínio abduativo é a inferência das descobertas que são revolucionárias no mundo científico. É através dela que todas as ideias científicas surgem; neste sentido ao se estudar um fato, uma teoria é inventada a fim de se explicar a ocorrência dos mesmos, ou seja, a abdução é adoção probatória da hipótese (PEIRCE, 1975 *apud* MARCOS *et al.* 2005).

Vale salientar que a abdução pode estar relacionada com três ideias importantes, a primeira é uma lógica da descoberta, o surgimento da hipótese; a segunda é a lógica de escolha da hipótese, como escolher a hipótese adequada dentro da possibilidade de outras hipóteses já existentes; e a terceira é uma teoria empírica da

plausibilidade, de que forma a hipótese poderá prover um experimento adequado que forneça uma explicação aceitável para a ocorrência dos fatos. Mesmo que contenha caráter instintivo, Peirce considera a abdução “a única operação lógica que introduz qualquer ideia nova” (PEIRCE, 1931-1958 *apud* GONZALEZ *et al.* 2002). Peirce não pensa em abdução de forma homogênea; para ele a abdução é a inferência lógica, é a ideia central do pragmatismo: “examinando bem, vê-se que a questão do pragmatismo é a questão da lógica da abdução” (CP 5.196). Segundo Peirce, as inferências abdução, indução e dedução são necessárias para qualquer investigação e descoberta científica (PEIRCE, *apud* SILVA *et al.* 2006 - 2007). “Assim, em resumo, a minha filosofia pode ser descrita como a tentativa de um físico para conjecturar, por exemplo, acerca da natureza do universo tanto quanto os métodos da ciência o permitam, e com o auxílio de tudo aquilo que os filósofos anteriores fizeram.” (PEIRCE, 1974 *apud* MATTOS *et al.*). Em todos seus trabalhos Peirce descreve a abdução de forma peculiar, de tal modo que a definição sobre esta inferência não esteja definida, porém ao analisar todas as suas afirmações sobre a abdução é possível sugerir que este raciocínio seja para Peirce toda a base para o conhecimento, mesmo que falível em alguns casos, ela é a inferência que fornece o trajeto que possibilite novas verdades (PEIRCE, *apud* SILVA *et al.* 2006 - 2007).

Para Peirce a ciência não é fundamentada em saberes científicos que são executados de forma sistemática, a ciência não é um objeto definido a rigor, uma peça que possua um encaixe perfeito que já tenha sido definido por outro. Para este filósofo, fazer ciência é inovar, é desenvolver ações diante da situação com base em seu raciocínio hipotético provável para sua resolução. Segundo ele, saber não é suficiente, é necessário compreender e ter atitudes que levem a um comportamento, é fazer uso de suas habilidades a fim de se planejar a ciência desejada, “ciência como coisa viva e não como uma mera definição abstrata” (PEIRCE, 1944 – 1978 *apud* FERRARA 1986 - 1987). “A abdução é o processo de formar rumo a hipóteses explicativa. É a única operação lógica que introduz alguma ideia nova; porque a indução não faz mais que determinar um valor, e a dedução meramente exhibe as consequências necessárias de uma hipótese pura. A dedução prova algo que deve ser; a indução mostra que algo é efetivamente operativo; a abdução sugere algo que pode ser.” (PEIRCE, 1997 *apud* LOVATO, 2011).

Neste sentido, a concepção peirceana de abdução, a nosso ver, se aproxima um pouco da visão que Bachelard confere à prática experimental química contemporânea: uma prática em que a sugestão e a criação do real se efetivam (SILVA, 2015). A ciência e sua experimentação para o raciocínio abduutivo são reflexo e refração onde a ciência por sua vez descobre a experiência, e a experiência sustenta a ciência. Este raciocínio realiza a ligação lógica entre os fatos, “a ciência como coisa viva”, uma tentativa plausível de entre a ocorrência e a ideia que se tem sobre os fatos, é a “pergunta feita à natureza” (PEIRCE, 1944 – 1978 *apud* FERRARA 1986 - 1987). Neste ponto, percebe-se, ainda que de modo incipiente, que o papel da natureza no contexto da experimentação não é o mesmo para Bachelard e Peirce. Bachelard entende que a natureza pode no máximo servir de pretexto para as construções desenvolvidas no seio da prática experimental, não sendo necessariamente relevante partir dela para que o processo de objetivação do real seja implementado. Peirce já confere um lugar especial à natureza na medida em que tem como ponto de partida para o processo de abdução, em certo sentido, indagações feitas ao mundo natural.

Para Peirce o raciocínio abduutivo é dividido em duas partes: a criação da hipótese e sua classificação, seguida de provas que sustentem tais propostas. Em sua maioria a hipótese pode ser submetidas a experimentação no intuito de estabelecer

vínculo entre a ideia e a realidade (MATTOS *et al.*). Peirce baseia seu conceito sobre abdução como uma promessa de entendimento da criatividade e inovação em ciência. Com base neste conceito é possível perceber que o século XXI vem tendo acesso ao trabalho de Peirce e seu raciocínio abduutivo, pois sua teoria tem se tornado cada vez mais aceita e tem sido de interesse para diversas áreas do conhecimento, através do desenvolvimento de diversas ações abdutivas em indústrias, tecnologia, inteligência artificial, ciência, entre outros (SILVA *et al.* 2006 - 2007).

Parece então que as verdadeiras categorias da consciência são: primeiramente, o sentimento, a consciência que pode ser incluída com um instante de tempo, consciência passiva de qualidade, sem reconhecimento ou análise; em segundo lugar, consciência de interrupção no campo da consciência, sentido de resistência, de um fato externo, de alguma outra coisa; em terceiro lugar, consciência sintética, ligação com o tempo, sentido de aprendizagem, pensamento (PEIRCE, 1974 *apud* MATTOS *et al.*). Peirce afirma que acima da segurança e da justificação, é necessário primeiro a fecundidade do raciocínio, pois a inferência abduativa é mesmo que falível e fraca, é a única que possui capacidade de gerar novas ideias. A atividade criadora da abdução é o que nos permite entender o mundo (LOVATO, 2011).

Sabendo-se que é possível reconhecer que a ciência não é homogênea, torná-la um modelo para ser seguida, ditando regras, fórmulas ou um caminho único a ser percorrido é fazer mau uso das possibilidades de avanços no conhecimento, pois a ciência é rica em informações, através dela grandes descobertas são realizadas. Segundo Chamberlin (1897, *apud* Formosinho 1987) “Há uma pressão sobre a teoria para se ajustar aos fatos e uma pressão aos fatos para se ajustar à teoria. Quando se formam estes pré-juízos, o processo mental rapidamente degenera em paternalismo...”. A teoria rapidamente assume uma posição de controle nos processos mentais e na observação, primeiro uma tentativa de teoria; depois uma teoria que se adapta; por fim uma teoria dominante.

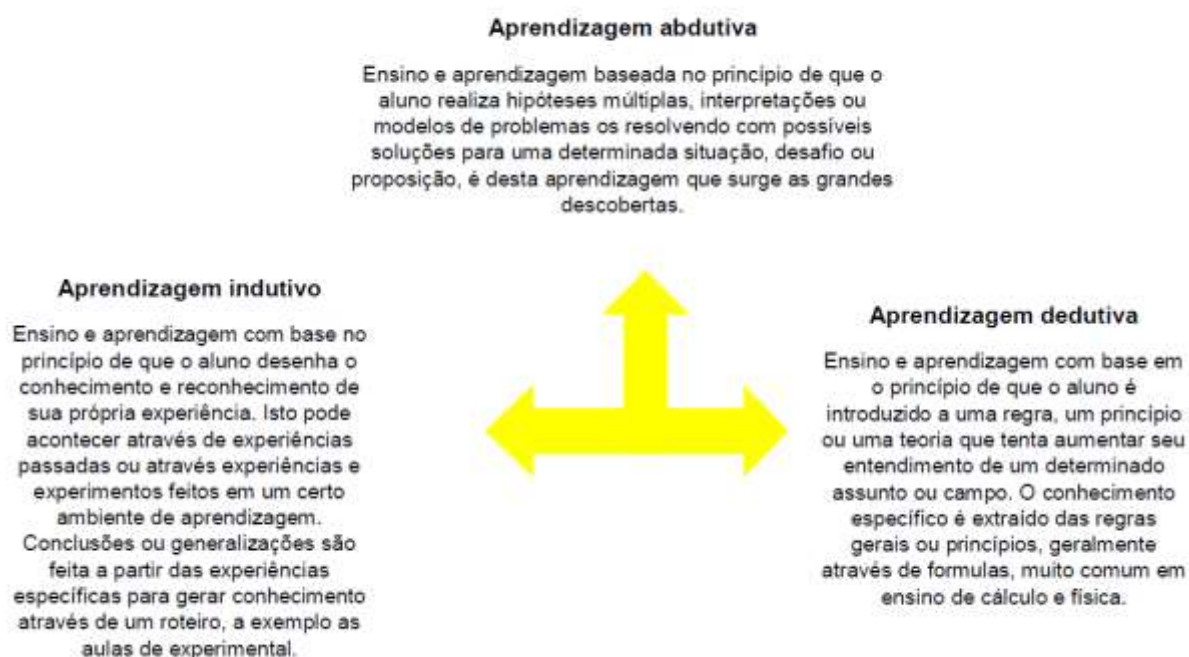


Figura 1 os três métodos de aprendizagem



Chamberlin definiu de forma coerente a realidade sobre a aprendizagem de ciências, quando associada a um único modo de aprendizagem baseado em teorias, pois as grandes descobertas foram possíveis através de um conjunto de inferências, desenvolvidas através do método das “hipóteses múltiplas”, que possibilita que vários métodos de aprendizagem sejam aplicados a uma situação, proporcionando um avanço de soluções por meio do descarte de possibilidades de respostas para um problema. A utilização de hipóteses para o desenvolvimento do conhecimento é designado como “inferência forte” e tem se mostrado crucial no avanço mental do ensino de ciências (CHAMBERLIN, 1897 *apud* FORMOSINHO, 1987).

## IDEIAS CLARAS

As ideias expostas em sala de aula pelo docente, seja utilizando signos, seja transmitindo oralmente um conceito, nem sempre são compreendidas pelo discente; ou seja, a transposição didática pode não ser eficiente, pois cada estudante possui uma estrutura cognitiva que o faz entender o conhecimento científico e estruturar suas ideias. O ser humano possui diferentes maneiras de ver o mundo e distintas formas de conhecimento correspondentes a diversas realidades. Cada indivíduo pode estruturar o seu pensamento de tal forma a construir sua própria representação para cada teoria.

A maneira como abordamos os conceitos é fortemente influenciada pelo contexto com o qual estamos lidando. Nesse sentido, conceitos e representações estão sujeitos a conflitos de interpretações. As explicações, teorias, modelagens utilizadas, são os temas mais debatidos pela filosofia da química na atualidade e traz bases teóricas para um entendimento mais detalhado acerca destes problemas.

Em Química, é comum a utilização de representações, ou seja, modelagem, esquemas, diagramas, imagens, num conhecimento que não é apenas transmitido pelos conceitos. Porém, as representações, a modelagem, as imagens e diagramas utilizados pelos docentes podem levar a equívocos e é uma das causas dos problemas no ensino de Química, pois muitas vezes os estudantes não entendem corretamente tais explicações. O aluno possui dificuldade de transitar entre a linguagem diagramática (o modelo, por exemplo) e a linguagem discursiva (o conceito).

O exemplo a seguir ilustra essa “falsa distinção”. Quando solicitado para um aluno do 1º ano Ensino Médio noturno de uma escola pública, para que desenhasse um modelo de átomo, e após, solicitado que seu colega elaborasse um conceito de átomo a partir do desenho, nos foi apresentado a seguinte representação:

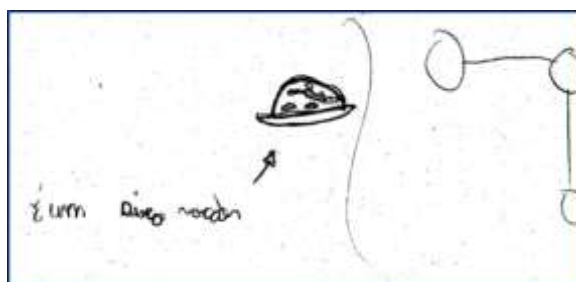


Figura 2 Exemplo de desenho de átomo por um aluno e elaboração de conceito por outro

O exemplo acima nos mostra a complexidade na relação “representação/conceito”. Quando um aluno, analisando o modelo que o colega apresentou, definiu átomo como “disco voador”, teve uma referência que afetou seus sentidos e produziu tal crença. Vemos a dificuldade que há na transposição da

linguagem diagramática para a discursiva em Química, que envolve uma reflexão de ordem filosófica. Nesse contexto, pensamos que aproximar a lógica de Pierce sobre concepções claras e o ensino de química utilizando representações, pode ser uma ótima ferramenta para aquele.

O professor necessita transmitir ideias claras. Uma concepção clara deve ser entendida pelo aluno, de tal maneira que “a reconhecemos onde quer que ela se apresente e que nunca será confundida com outra” (PIERCE, 2008, p. 61). Devemos saber o que pensamos, de acordo com Pierce, para saber o que dizer, e assim não alimentarmos ideias “pobres” acerca de um conceito. Uma única ideia confusa, ou uma representação utilizada sem significado pode causar ambiguidades no entendimento. O pensamento deve levar à crença, que possui três propriedades, segundo Pierce: 1) algo que nos damos conta; 2) que leva à dúvida, que é o motivo do pensar; 3) envolve o estabelecimento de um hábito, de regras de ações. A crença é “o lugar de chegada e também uma nova largada para o pensamento” (PIERCE, 2008, p. 70).

Analisando as ideias de Pierce, adaptamo-las, pois, ao ensino de Química: o docente deve ter uma ideia clara do que vai ensinar e levar ao questionamento, à problematização, e ao emprego da situação de aprendizagem numa situação real.

A dificuldade na transposição de um modelo para um conceito surge quando há “falsas distinções”, ou seja, confundir a obscuridade produzida pelo pensamento com uma característica do objeto que estamos a pensar. As falsas distinções são consideradas piores do que o não entendimento, pois, se o aluno não entender, vai à busca do entendimento, mas, se a compreensão for falsa, permanecerá a crença nessa ideia que não é correta, caracterizando-se num obstáculo na aprendizagem.

Muitos professores utilizam modelagem com varetas e bolas de isopor em suas explicações. Em sentido figurado, são os átomos e as ligações entre os átomos. Não podemos ter outra concepção de átomo e ligação senão a que faz parte de uma crença; então, ou: 1) que as bolinhas são os átomos; 2) que as varetas são as ligações.

Essas crenças são auto indicações de que, certa característica de um objeto nos leva a acreditar que é uma ligação ou um átomo, de acordo com a característica que foi apresentada. Por isso, ao estudante de química que for apresentado um átomo como uma bolinha de isopor pode crer que todo átomo possui as características da bolinha de isopor. Podemos confundir o conhecimento que deve ser construído com a mera sensação que o acompanha. Nas palavras de Pierce,

Considere-se quais efeitos que concebivelmente teriam atuações práticas, os quais imaginamos que o objeto de nossa concepção possuía. Então, nossa concepção desses efeitos é o conjunto de nossa concepção do objeto” (PIERCE, 2008, p. 71).

Por isso, para muitos alunos, dizer que uma vareta é uma ligação; e uma bolinha é um átomo, são palavras à toa. Ainda analisando as ideias de Pierce, destacamos que o pensamento é uma ação, que consiste numa relação, por isso a função do pensamento é produzir hábitos de ação, ou seja, deve ter “referência no modo de como devemos agir numa dada ocasião” (PIERCE, 2008, p. 71). Deve ser possível a utilização do conhecimento numa situação.

Nesse sentido, todas as explicações em química, inclusive as que se utilizam de modelagens, devem ter um referencial no mundo real, devem ter um sentido para o estudante. Apenas apresentar o átomo, por exemplo, como “uma bolinha de isopor”, sem um contexto, pode provocar uma compreensão confusa no estudante.

Para desenvolver seu significado, temos de, portanto, simplesmente determinar quais hábitos são produzidos, pois o significado de uma coisa é simplesmente o hábito que ela envolve (PIERCE, 2008, p. 72).

Assim, se a ideia transmitida pelo docente não for tangível e prática, não haverá entendimento claro. Sugere-se que, ao utilizar diagramas, o docente o situe num contexto, numa situação real, transite entre as linguagens diagramática e discursiva, para a apreensão do conceito com clareza pelo estudante. Podemos citar como exemplo a molécula de água. Explicar claramente o que significam os traços, as bolinhas, demonstrar outras representações da molécula, e caracterizá-la, exemplificando sua utilização na realidade, sua importância, suas propriedades, contribuirá para um entendimento claro por parte do estudante, evitando imprecisões e equívocos.

## CONCLUSÃO

Analisamos nesse trabalho algumas ideias que cruzam o pensamento de Charles Sanders Peirce e a Química. Primeiramente, já reconhecemos na própria formação do filósofo, um cruzamento com o contexto da Química. É possível que esta ciência tenha sido decisiva na construção de suas principais ideias. Essa é uma hipótese para maiores estudos no futuro. Assim como Bachelard, talvez possamos dizer que Peirce é também um filósofo da Química.

Uma noção inicial que discutimos foi o pensamento diagramático e o contexto da Química. Depois o pragmatismo, o pensamento relacional e o pensamento abduutivo. Como um trabalho inicial, podemos nos aventurar em algumas hipóteses. O ensino de Química é marcadamente, por influência da Física, organizado pelo pensamento dedutivo. Não é por acaso que a teoria atômica é ministrada no início do curso, na esperança de que possam os alunos aplicá-la dedutivamente à toda a estrutura da Química. No contraponto, a partir de Peirce, identificamos que o pensamento abduutivo é mais apropriado à ciência em geral, tendo na Química o expoente. Logo, o seu ensino deveria ser completamente alterado. Deveríamos testar e aprender a construir hipóteses, bem como a usar o método das múltiplas hipóteses, da inferência forte. Isso alteraria o ensino de Química completamente.

Por fim usamos a noção de ideias claras para conjecturar que isso pode definir o uso das linguagens diagramáticas e discursiva, fator fundamental no ensino e aprendizagem de Química. A transferência de uma linguagem em outra pode se efetivar, fundamentada na problematização das ideias claras de Peirce. Como tornar as ideias claras pode ser um problema fundamental para o ensino de Química, e Peirce pode auxiliar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO NETO, w. Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de Química. Tese de doutorado. Biblioteca Digital USP. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-02092009-143535/pt-br.php>> Acesso em 17/04/2016.

ERDURAN, S., ADURIZ-BRAVO, A. e NAAMAN, R. M. Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, n. 16, p. 975-989, 2007.

- FERRARA, L.D'A. 1986. A estratégia dos signos. 2ª ed., São Paulo, Perspectiva, 197 p, 1986.
- FORMOSINHO, S. Uma perspectiva heurística para o ensino da química. Rev. Port. Quim. [S.I], v.29, p.161-183, 1987.
- GILBERT, J. K. Visualization: a metacognitive skill. In science and science education. In: Visualization in Science Education. Holanda: Springer, 2009.
- GOIS, Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Dezembro de 2007.
- GONZALES, M. E; NASCIMENTO, T. C. A.; HASELAGER, W. F. G. Informação e conhecimento: notas para uma taxonomia da informação. In: FERREIRA, A.; GONZALEZ, M. E; COELHO, J. G. (Org.). Encontro com as ciências cognitivas. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2004. p. 195-220. (Coleção estudos cognitivos).
- KOZMA, R.; RUSSEL J. (2007) Pupils Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. GILBERT (ed.) Visualization in Science Education. Springer. p.121-146
- LABARCA, M.G. Filosofia de La química: a poco más de diez años de su nacimiento. In: MARTINS, R.A.; LEWOWICZ, L.; FERREIRA, J. M. H.; SILVA, C. C.; MARTINS, L. A. (Orgs.). Filosofia e história da ciência no Cone Sul. Campinas: AFHIC, p. 414-422, 2010.
- LOVATO, M.V.C. Descendo pela toca do coelho: o processo lógico-abdução como inauguração de pensamento. Monografia, curso de Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- MANECHINE, S.R.S.; CALDEIRA, Ana M. de A. Construção de Conceitos Matemáticos na Educação Básica numa Abordagem Peirceana. Bolema, Rio Claro (SP), v. 23, nº 37, p. 887 a 904, dezembro 2010.
- MATTOS, Rafael da. Pragmatismo Americano: o direito de crer diante da morte de Deus. HORIZONTE, VOL. 8, Nº. 18 - JUL./SET. 2010. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/horizonte/rt/printerFriendly/P.2175.5841.2010v8n18p104/0>. Acesso em 17/04/2016.
- NUNES, Nájila da Silva. Aproveitamento de extratos vegetais na busca de novos surfactantes naturais para indústria do petróleo. Trabalho de conclusão de curso. Uesb. Brasil, 2015.
- PEIRCE, C.S. Como tornar nossas ideias claras. Tradutor: Antônio Fidalgo. Collected Papers V, 388-410. Edição: [www.lusofilosofia.net](http://www.lusofilosofia.net).
- PEIRCE, C. S. Ilustrações da lógica da ciência. Tradução e introdução de Renato Rodrigues Kinouchi. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2008.
- PEIRCE, C. S. Semiótica. Tradução: José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- RIBEIRO, M.A.P. Integração da Filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino. Tese doutoral. Universidade de Lisboa: Lisboa, 2014.
- SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry, v.4, n.1, p.129-162, 1998.
- SEIBERT, C. Charles Peirce's head start in chemistry. Foundations of Chemistry. New York, v. 3, n.3, p.201-206, 2001.
- SILVA, A. P. R. C. F. Metamorfoses do Conceito de Abdução em Peirce. O exemplo de Kepler. Dissertação - Universidade de Lisboa, 2006/2007.