

Proposição de perspectivas filosóficas da educação química

Proposition philosophical perspectives of chemical education

Marcos Antonio Pinto Ribeiro

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
marcolimite@yahoo.com.br

Duarte Costa Pereira

Universidade do Porto
Dcpereir9@gmail.com

Simone Barreto Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
simonnebarreto@yahoo.com.br

Débora Schmitt Kavalek

quimicadebora@hotmail.com

Resumo

A filosofia da química constituiu-se como campo disciplinar mais produtivo na filosofia da ciência nos últimos 20 anos e deve oferecer elementos importantes para pensar o currículo de química. Sua apropriação ao currículo somente no ano de 2012 mostrou elementos mais sistematizados. Aqui fazemos um primeiro mapeamento desta aproximação através de uma pesquisa bibliográfica nos principais canais da educação científica e química. Fundamentado neste mapeamento e no debate da filosofia da química, propomos eixos de análise de uma filosofia da educação química.

Palavras chaves: filosofia da química, educação química, reducionismo

Abstract

The philosophy of chemistry was established as more productive disciplinary field in philosophy of science over the past 20 years and should offer important elements to think the chemistry curriculum. Its appropriation to resume only in 2012 showed more systematic elements. Here we make a first mapping of this approach through a literature search in the main channels of science education and chemistry. Based on this mapping and discussion of the philosophy of chemistry, we propose axes analysis of a philosophy of chemistry education.

Keywords: philosophy of chemistry, chemistry education, reductionism

Introdução

O currículo sempre expressa, implícita ou explicitamente, uma filosofia. Entretanto, a relação entre currículo, filosofia e química não foi ainda problematizada. Isso gera problemas de consenso, diálogo e comunicação entre os vários discursos no sistema pedagógico da química. Van Berkel (2005) identifica o conhecimento escolar em química como orientado, implicitamente, por um positivismo filosófico e pedagógico, rígido internamente e isolado externamente, característico de uma ciência normal. Ensina problemas fechados, justificados. Filósofos da química defendem-na como uma ciência criativa, indutiva, prática, histórica, relacional, diagramática, classificatória, um exemplo de ciência interdisciplinar e tecnocientífica. Em contrapartida, seu ensino é dogmático, conservador, dedutivo, algorítmico. A química que se ensina é distante da química que se pratica. A prática química é hegeliana, o ensino é kantiano. Há, obviamente, um trabalho de reflexão necessário da educação química como os instrumentos da filosofia da química. Trabalhos que nos últimos anos viu-se emergir e aqui fazemos um mapeamento e proposições.

A constituição de um subcampo de pesquisa na educação química

O principal marco desta aproximação foi a publicação do número especial da revista *Science & Education* em 2012. Nacionalmente (Brasil) o marco principal ocorreu durante o ENEQ 2012 com a temática sendo inserida na agenda da educação química. Dos principais artigos que tomam a filosofia da química como objeto de investigação da educação química podemos fazer a seguinte organização: **Fonte e Fundamento:** Metafísica de processos: Outra ideia de natureza (Earley, 2004, 2012); Pluralismo da praxis química (Ribeiro & Costa pereira, 2012); As lentes da química Thalos (2012). **Temas gerais:** Erduran (2000, 2001) e Lombardi & Labarca (2007). **Finalidade:** Aproximar a química que se ensina da química (Talanquer & Pollard, 2010); Formação como Bildung (Eriksen, 2002; Sjöström, 2011); Empoderamento dos professores (Erduran et al., 2007); Discurso mais reflexivo e problematizante (Sjöström, 2007); Imunizar de confusões filosóficas (Scerri, 2004a); Explicitar objetivos científicos (Schummer, 1999); Transmitir o pensamento químico (Izquierdo-Aymerich, 2012). **Identidade disciplinar:** Tecnociência (Chamizo, 2012; Bensaud-Vincent, 2012; Talanquer (2012). **Ensino e aprendizagem:** Conceitos implícitos (Talanquer, 2011); Domínios de especificidade: Tabela periódica, circularidade de conceito, linguagem estrutural como (Erduran, 2001, 2007, 2011); Introduzir conceitos de emergência e superveniência (Newman, 2012); Erros conceituais no uso de estrutura eletrônica (Scerri, 1999); Superação de obstáculos epistemológicos: modelo atômico (Taber, 2003); Idealização e aproximações das leis químicas (Tobin, 2012). **Abordagens do ensino:** Superar Reduccionismo (Scerri, 2000^a, 2003); ensino como modelagem (Justi & Gilbert, 2002; Chamizo, 2012); Ensino/aprendizagem como uma linguagem Lazslo (2011); Perspectiva sintética (Earley, 2004, 2012); Heurística (Formosinho, 2008).

Os primeiros artigos defendiam, genericamente, a filosofia da química como fonte para a educação química (Scerri, 2001; Erduran, 2001, 2002); superação do reduccionismo e fisicalismo (Scerri, 2000; Lombardi & Labarca, 2007; Erduran, 2001, 2002) e problematizam a confusão filosófica na educação química (Scerri, 2004). Artigos recentes buscam racionalmente entender qual o conhecimento químico legítimo de ser ensinado? Por que? Para que? Sibel Eduran, a pesquisadora mais constante, propõe domínios de especificidades como o reduccionismo (Erduran, 2007), a tabela periódica (Erduran, 2000), a linguagem estrutural, circularidade e dualidade de conceitos em química (Kaya & Erduran, 2012) como forma de integração ao currículo.

A revista *Science & Education* (<http://ihpst.net/newsletters/june2010.pdf>) fez em 2010 a primeira chamada de artigos intitulada: considerações filosóficas do ensino de química. Segundo o editor, “filosofia da química tem, só nas últimas décadas, emergido como um campo distinto dentro da filosofia da ciência. No entanto, a relevância da filosofia da química para o ensino de química é um território de pesquisa relativamente inexplorado.” Exemplos de tópicos para os artigos incluíam: Tabela periódica; reducionismo; química e sociedade; ética e química; teoria atômica; discurso da química; ontologia química; reações químicas; microestruturalismo; teorias da ligação química; sínteses; linguagem química e simbolismo; modelos; substância; química teórica; estrutura e função; mecânica quântica; conceito de elemento; leis e teorias; previsão e explicação. Estes tópicos são também os temas principais discutidos pelo campo disciplinar da filosofia da química.

Nos artigos que compuseram esta edição podemos fazer a seguinte organização: Idealidade e aproximações das leis, teorias e modelos químicos (Woody, Tobin, 2012; Chamizo, 2012); História e filosofia da química deve informar a construção de um currículo em química (Izquierdo-Aymerich, 2012); Explicitar conceitos de emergência e superveniência no currículo para melhor pensar as relações micro-macro em química e imunizar contra obstáculos conceituais e epistemológicos (Newman, 2012). Ensino de química como linguagem, fruto da linguagem icônica e a arte combinatória (Laszlo, 2012). Perspectiva sintética do ensino (Earley, 2004, 2012); Dualidade conceitual, explicações estruturais e a tabela periódica como domínios de especificidade (Kaya & Erduran, 2012).

Ribeiro e Costa Pereira (2012) propõem as classificações, diagramaticidade, dimensão tácita, fenomenotécnica e processual como capaz de mapear o pluralismo da praxis química, originando diferentes estilos cognitivos e de ensino em educação química. Adúriz-Bravo (2012) defende a concepção semântica de ciência como fundamentação curricular. Talanquer (2012) defende a tecnociência como uma identidade disciplinar e uma transgressão do conhecimento escolar ao aproximar a química que se faz da química da que se ensina.

Para Laszlo (2012) o fisicalismo e o reducionismo não são um instrumento eficaz na solução do carácter enciclopédico dos conteúdos químicos, tanto fruto do seu crescimento como da natureza sistêmica e organizacional; da multiplicidade de esquemas, modelos e representações; do pluralismo inerente; das contradições e circularidade dos conceitos centrais; do carácter inobservável e a falta de referentes das entidades químicas que faz o laboratório ter um carácter de conversão teológica e necessitar da transdição; do carácter icônico da linguagem química que constrói uma semiótica própria e faz trabalhar com a abdução e necessitar da visualização e competência representacional. Tudo isso se agrava quando a tradição, o produtivismo e o operacionalismo fruto da endogenia, insulamento e pouca reflexividade da comunidade dos químicos como características intrínsecas da química.

O reducionismo pode ser considerado o primeiro problema deste subcampo. Esta presente, por exemplo, na identificação das ideias centrais da química, um dos objetivos mais importantes das políticas curriculares (Scerri, 2006; Talanquer & Pollard, 2010), interpretadas como princípios físico-químicos que permitem explicar, mas não são utilizados no dia dos químicos. Conceitos como estabilidade, funcionalidade, emergência são transmitidos intuitivamente, implícitos, como “*una química agazapada*” (Talanquer, 2011).

“É como se os químicos tivessem que aceitar a matemática para ter alguma legitimação no currículo” que implicitamente, “a única forma de aceitar o pensamento químico no currículo escolar é através de sua redução a princípios físicos que permitem sua matematização ou modelagem a princípios físico-químicos fundamentais”. “é como se os químicos usassem uma série de argumentos e conceitos para explicar e prever na prática ordinária e valoram outro tipo de conhecimento e explicações nas salas de aulas” (Talanquer, 2011).

O reducionismo expõe a pedagogia química a um paradoxo iminente. A química é uma ciência indutiva, mas pensada e fundamentada em explicações fisicalistas de carácter dedutivo. Isso faz negligenciar o carácter pluralista, inexato, aproximativo e diagramático da química, seu carácter inovador e criativo e faz o ensino ser altamente conservador, mecânico e algorítmico. Isso faz o pluralismo químico ser transmitido implicitamente (Ribeiro & Costa Pereira, 2012). Por isso a filosofia da química pode avançar na caracterização de uma filosofia própria da educação química.

Por uma filosofia da educação química

Em face da sociedade do risco, e reflexividade, a formação do químico necessita de elementos de reflexividade e problematização de uma formação como *bildung* (Sjöström, 2007, 2011; Eriksen, 2002). A metaquímica pode fornecer um discurso complementar frente ao objetivismo, reducionismo e desenvolvimentismo. Isso geraria um alargamento do discurso da educação química e empoderamento dos professores (Adúriz et al., 2005) bem como um discurso com valores científicos da química explícitos o que clarificaria seu discurso instrucional e regulador, a compreensibilidade e inteligibilidade (Schummer, 1997, 1999).

Isto exige outra perspetivação não reducionista da química, da pedagogia química e da filosofia do currículo de química. Laszlo (2012) defende uma perspetiva linguística: a química uma arte combinatória; o professor um interprete; o ensino como linguagem. Earley (2004, 2012) defende a perspetiva sintética: a química como ciência histórica; função do professor de construir a melhor narrativa. Formosinho (1987) defende as heurísticas: a química criativa, inovativa e o ensino como análise da situação e comunidade de prática. Outras perspetivas podem ser propostas: as classificações inferem o sistematismo químico, a conceitualização; a fenomenotecnia e a dimensão tática do conhecimento químico inferem a socialização, plurisignificação, descoberta, ponto de vista e a relação mestre-aprendiz.

Outro trabalho nuclear da filosofia da química é, em articulação com outras disciplinas, fornecer instrumentos para pensar a natureza da filosofia da educação química, suas categorias mais centrais e transversais. Próximo ao que ocorreu com a filosofia da matemática que desde a, “década de 80 do século XX começou a se constituir como campo autônomo de investigação” (Miguel, 2005, p. 139). No campo da educação química e da filosofia da química, apesar de implicitamente haver contribuições, falas e indícios, ainda não há literatura nesta direção.

Filosofia pluralista: Contextualidade e níveis: Defende Laszlo (2012) que, “nós (professores) devemos fazer nossos alunos entender a exuberância de pluralidade de ponto de vistas das explicações químicas”. O currículo de química deveria ser pensado pelos diversos níveis e contextos químicos, a polissemia dos conceitos, modelos e representações. Ao invés do substancialismo e do essencialismo, a contextualidade e ontologia estratificada de níveis de descrição e análise parece mais apropriada para a química. Isto decorre do seu pluralismo constitutivo.

“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). O pluralismo é inerente e constitutivo (Ribeiro & Costa Pereira, 2012; Lombardi & Labarca, 2005; Lombardi, 2012; Lombardi & Llored, 2012; Laszlo, 2012; Bachelard, 2009). Pluralismo ontológico (Bachelard, 2009; Lombardi, 2012), metodológico (Schummer, 2006), epistemológico (Bachelard, 2009) e axiológico (Hoffmann, 2003; Kovac, 2002). A química inscreve-se em um pluralismo constitutivo (Ribeiro & Costa Pereira, 2012), mobilizando variados atores e

contextos (indústria, economia, academia); variados estilos de pensamento (razão prática e teórica, heurístico, diagramático, relacional e processual); variados recursos cognitivos como classificação (Harré, 2005), visualização (Gilbert, 2009), intuição (Talanquer, 2005), imaginação (Hoffmann, 2003); variados valores pessoais e culturais: estéticos, inovativos, criativos, utilitários; e uma fenomenologia inscrita em complexas relações ontológicas, envolvendo a categorização dos tipos naturais, relacionalidade, recursividade, lógica relacional e mereológica e uma relação constitutiva com os instrumentos de medida. Ribeiro & Costa Pereira (2012) defendem que

A maior dificuldade em pensar a química deva-se ao facto de ela não constituir um corpo disciplinar homogêneo e, como ciência central que é, estar inscrita em mais do que um registo filosófico, o que acarreta a mobilização de diversos estilos cognitivos e de estilos de aprendizagem e modos de ensino diferentes. Este facto, aparentemente incontroverso está ainda muito pouco investigado. Não assumir este pluralismo constitutivo, não descrevê-lo e determiná-lo, dificulta pensá-lo e por consequência ensiná-lo, isto porque faz com que o currículo, a pesquisa e o ensino sejam socializados em boa parte por códigos de natureza tácita ou implícita.

Ribeiro & Costa Pereira (2012) descrevem cinco estilos cognitivos, didáticos e epistemológicos: classificações, diagramaticidade, dimensão tática, fenomenotecnia e processualidade. Esta categorização pode ser pensada na Conceção semântica como fundamento da ciência escolar em química (Adúriz-Bravo, 2012; Izquierdo-Aymerich, 2012).

Filosofia intercultural: Comunidade e ação. A comunidade e ação são categorias centrais na química e também o devem ser no currículo, opondo-se ao seu carácter dedutivo e apriorístico. Harré & Rutenberg (2012) defende que a filosofia de Jaap Van Brakel é uma filosofia intercultural. Não existe a possibilidade de construção de categorias apriori e de um ponto de vista transcendental. A posição do eu é trocada para o nós. O sujeito epistêmico, como em Habermas, dar-se, contrariamente a Kant, na história, na praxis. Onde a praxis é uma categoria central na química e na pedagogia química. As categorias químicas são negociadas a partir da praxis, a partir de sua história. E assim, o diálogo, a linguagem e a comunicação tem uma importância central na epistemologia e ensino da química.

Bachelard (1990) e Schummer (1999) descrevem a química como a ciência da matéria, caracterizado por um materialismo ordenado e materialismo erudito inscrito num paradoxo: A investigação da unidade e o trabalho de diferenciação. Uma unidade que se ordena pela complexidade. Para Schummer (1998) ciências materiais, como a química

[...] não têm ambição para generalizações metafísicas. Entretanto, procuram por um sistema sutilmente sofisticado de conceitos materiais, de forma a descrever, tanto quanto possível, a diversidade de fenômenos materiais com precisão e sem ambiguidade. Um conjunto de conceitos materiais é um sistema de classificação, se cada conceito permite, pelo menos, uma discriminação binária de fenômenos materiais e todos os conceitos são logicamente independentes uns dos outros. Essa classificação não é (nem pode ser) dedutivamente inferida a partir da "essência desmaterializada da matéria". Em vez disso, ele é (e deve ser) desenvolvido a partir de alguns conceitos de material primitivo passo a passo através da diferenciação do conceito e introdução, por meio da verificação empírica, para o seu poder real discriminação.

É pelo número acrescido de substância que se institui a ordem. “Não é, como queriam o tradicional espírito filosófico, do lado da unidade da matéria que se encontram as raízes da coerência das doutrinas. É do lado da complexidade ordenada” (Bachelard, 1990, p.43). Na química, a unidade é *a posteriori*, terminal. Para Bachelard (1990) esta é a característica do intermaterialismo, a essência da própria química.

Também a identidade da química tem sido problematizada como uma tecnociência. A questão da identidade e do território disciplinar é transversal na literatura química.

Inicialmente uma prática, seja metalúrgica ou tintureira, depois uma disciplina ao serviço da medicina até o século XVII, alcança maturidade teórica e é sistematizada no século XVIII por Lavoisier, alcançado centralidade, mesmo que Kant tenha a visto apenas com uma arte sistemática. No século XX perde centralidade para a física através do reducionismo e é transformada em ciência de serviço pela biologia, busca, atualmente, emancipar-se da física e definir sua autonomia disciplinar. É um campo inter, multi e pluridisciplinar, uma ciência pós-acadêmica. Este problema tem relação direta com o currículo, cada uma destas definições da identidade da química associa-se uma estrutura pedagógica particular, uma forma de organizar, selecionar conteúdos e também no desenvolvimento curricular. As características interventivas, o empirismo ativo tem sido a marca prioritária da química.

Todas estas problematizações indicam que o ensino da química não pode, como diz Bachelard, iniciar da certeza matemática. Um desdobramento natural da pedagogia química é dialetizar a prática de ensino e pesquisa em química. Parentes (1990) defende este como um dos desdobramentos da epistemologia Bachelardiana. Dialetizar a relação professor/aluno, química/sociedade. Outro desdobramento da nossa tese e também defendido por Parentes é introduzir a polêmica principal emente através das problematizações das tensões químicas: parte/todo, micro/macro, modelo/realidade, ciência/técnica, academia/indústria, idiográfico/nomotético, estático/dinâmico, monismo/pluralismo.

Epistemologia histórica: Narrativa e aproximações. Segundo Bachelard (2009) e Nordmann (2006) a metaquímica orienta a prática e não trabalha com categorias *a priori*. A filosofia da química é propriamente uma filosofia das aproximações, instancia uma epistemologia do aprender fazendo em uma praxis de laboratório. Não existe uma identidade transhistórica e as teorias são narrativas de experimentos, acordos intersubjetivos. A química é uma ciência histórica, idiográfica (Lamza, 2010; Näpinen, 2007; Earley, 2004, 2012). A historicidade e uma perspectiva sintética, top down, deve ser inserida no currículo da química problematizando o fisicalismo que utiliza a análise *bottom up* em que o nível micro é escolhido com poder causal e explicativo. No ensino, não se trata de introduzir a história da química, mas a própria química tem um carácter histórico, trata-se, pois, de construir o currículo por uma perspectiva histórica, onde os conteúdos ganham sentido em uma forma teleológica.

Entretanto, os cursos de química geral tem como finalidades introduzir os alunos na cosmologia do mecanicismo e do atomismo, já ultrapassada pela prática científica e fornecer evidências da abordagem analítica da ciência. A ciência atual advoga em nome de uma visão sintética, principalmente com a metafísica de processos (Earley, 2004, 2012). A educação química deve alterar sua idéia de natureza, incluindo uma noção dinâmica. Neste contexto os professores teriam que desenvolver uma competência de criar a melhor narrativa que integrasse de forma sintética os diversos conceitos, contextos, modelos e teorias da química.

Filosofia relacionista: Relacionalidade e recursividade. Uma filosofia relacionista problematiza os limites do essencialismo na química e tensões como estático/dinâmico, substância/processos, relação/substância. Bensaude-Vincent defende que uma das características da química é a supremacia da representação sobre a realidade e da relação sobre a substância. Na mesma direção Bernal & Daza (2010) e Soukup (2005) explicitam a química como uma ciência das relações peculiares. Em um caminho semelhante à Bachelard (2009). Schummer (1998) considera que o conhecimento químico pode ser entendido logicamente como uma rede de relações onde o núcleo químico da química é entendido,

[...] primeiro por definir propriedades materiais como o núcleo da investigação em química. E analisando a lógica das propriedades materiais encontra-se um sistema de relações na qual as substâncias são os nodos e as interconexões são as diversas relações das substâncias. A identificação das substâncias básicas oferece

dificuldades e são feitas instrumentalmente. A organização das substâncias constitui um sistema de classificação que se estabelece por similaridade; as classificações necessitam de uma teoria fundante, que ainda não existe em química, contudo ela possui um alto poder de previsão e sistematização. A linguagem de signo estabelece um novo nível de sistematização e predição teórica. O núcleo químico da química é então considerado a investigação química das propriedades materiais, os sistemas em rede da classificação e a linguagem simbólica.

A química lida com propriedades materiais, objetos empíricos e relacionais (Schummer, 1998). Isto requer um conhecimento sistemático ao nível experimental; uma clarificação das espécies químicas e das propriedades materiais dependentes da instrumentação química; uma série de sistemas de classificação das espécies químicas, não passíveis de inferências dedutivas e uma fundamentação apoiada na teoria das fórmulas estruturais. Esta descrição do conhecimento químico aproxima-o de uma estrutura reticular.

Conclusão

Identificamos investigações que buscam caracterizar o debate da filosofia da química, já consolidado a nível internacional, ao contexto da educação química. Esses trabalhos buscam responder questões básicas do currículo: qual o conhecimento químico legítimo de ser ensinado? Estas respostas, por sua natureza, sempre conflitantes, incompletas e falíveis, apontam para uma finalidade do currículo como *bildung*; uma finalidade básica da filosofia da química é empoderar os professores e explicitar objetivos educacionais e científicos; o pluralismo químico deve ser um fundamento do currículo; há uma necessidade de uma nova idéia de natureza dinâmica em detrimento da noção estática. A filosofia da química também pode auxiliar a construir um currículo que imunize contra obstáculos conceituais e epistemológicos pela problematização de conceitos ainda implícitos no currículo.

Avançamos com um esforço próprio de sistematização do debate em propor linhas, eixos de uma filosofia da educação química: uma filosofia intercultural que problematize o apriorismo e dedutivismo químico; uma filosofia relacionista que problematize o essencialismo e instale o relacionismo; uma filosofia pluralista que problematize o substancialismo, o causalismo e instale uma ontologia de níveis e a polissemia dos conceitos e representações.

Referências

- BACHELARD, G. **O materialismo racional**. Editora 70. Rio de Janeiro, 1990.
- BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da química moderna**. Contraponto, 2009.
- BENSAUDE-VINCENT, B. The chemists' style of thinking. **Ber.wissenschaftsgesch.** 32, 2009, pp. 365–378.
- BENSAUD-VICENT, B. & STENGERS, I. **História da química**. Instituto piaget: Lisboa, 1992.
- BERNAL, A. & DAZA, E. E. On the epistemological and ontological status of chemical relations. **HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. n.2, 2010.
- EARLEY, J. A New 'Idea of Nature' for Chemical Education. **Science & Education**. Online first, 29 July, 2012.
- EARLEY, J. E. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**, Vol. 6, 2004, pp.137–160.

ERIKSEN, K. The future of tertiary chemical education – a bildung focus? **HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 8, n.1, 2002, pp. 35-48.

ERNEST, P. **The philosophy of mathematics education**. London: falmer press, 1991.

FORMOSINHO, S. Uma perspectiva heurística para o ensino da química. **Rev. Port. Quim.** Vol. 29, 1987, pp.161-183.

GILBERT, J. K. Visualization: a metacognitive skill. In science and science education. In: j. K. Gilbert (ed.). **Visualization in science education**. Holanda: springer, 2009.

HOFFMANN, R. How Should Chemists Think? *Scientific American*, 1993, 66-73.

HOFFMANN, R. Thoughts on aesthetics and visualization in chemistry. **HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol.9, 2003, pp. 7-10.

LAMŽA, L. How much history can chemistry take? **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol.16, n.2, 2010, pp.104–120.

LASZLO, P. Towards teaching chemistry as a language. **Science & Education**, online first, 23 march, 2012.

RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. **Science & Education**, online first 7, January, 2012.

SCERRI, E. Philosophical confusion in chemical education research. **Journal of chemical education**, Vol.80, n. 5, 2004a, pp.468–474.

SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **Hyle, International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 4, n.1, 1998, pp.129–162.

SCHUMMER, J. The philosophy of Chemistry: From infancy towards maturity. In: Davis Baird, Eric Scerri & Lee Macintyre (eds.). **Philosophy of Chemistry: Synthesis of a new discipline** (boston studies in the philosophy of science, vol. 242), dordrecht: springer, 2006, pp. 19-39.

SJÖSTRÖM, J. The Discourse of Chemistry (and Beyond). **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 13, N. 2, 2007, pp. 83-97.

SJÖSTRÖM, J. Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. **Science & Education**, Vol. 1, n.18, 2011.

SOUKUP, R. W. Historical aspects of the chemical bond: chemical relationality versus physical objectivity. **Monatshefte für chemie**, Vol. 136, 2005, pp. 803-813.

TALANQUER, V. & MAEYER, J. The role of heuristics in students thinking: Ranking of chemical substances. **Science Education**, Vol. 94, n.6, 2010, pp.963-984.

TALANQUER, V. Química agazapada [Lurking Chemistry]. In: J. A. Chamizo (Ed.) **Historia y Filosofía de la Química**. Facultad de Química, UNAM, Siglo XXI: México. 2011, pp. 142-156.

VAN BERKEL, B. (2005). **The structure of current school chemistry. A quest for conditions for escape**. Tekst. Proefschrift universiteit utrecht.