

A integração da filosofia da química à educação em química

The integration of the philosophy of chemistry in chemical education

Débora Schmitt Kavalek

PPG Educação em Ciências- Química da vida e saúde (UFRGS).
quimicadebora@hotmail.com

Marcos Antonio Pinto Ribeiro

Departamento de Química e Ciências Exatas (UESB) - Universidade de Lisboa.
marcolimite@yahoo.com.br

Duarte Costa Pereira

Departamento de Química e Bioquímica da Universidade do Porto/Portugal.
dcpereir@fc.up.pt

Simone Barreto

Departamento de Química e Ciências Exatas (UESB).
Simonnebarreto@yahoo.com.br

Resumo

Observam-se inúmeros equívocos e ambiguidades no ensino da química, muitos ocasionados por confusões filosóficas por parte dos docentes. A educação em química pode ser beneficiada com e ter mais legitimidade e contextualização, através da inclusão da filosofia da química ao currículo. Este trabalho busca analisar a forma como tem sido construído o campo disciplinar da filosofia da química, os principais países, problemas e autores. Através de pesquisa bibliográfica, investigaremos os diferentes modos de integração da filosofia da química ao ensino da química nos diversos países.

Palavras chave: filosofia da química, ensino, química.

Abstract

We observed numerous misunderstandings and ambiguities in the education of chemistry, many caused by philosophical confusion on the part of teachers. Education in chemistry can be benefited with and have more legitimacy and context by including the philosophy of chemistry to the curriculum. This paper seeks to examine how it has been built the disciplinary field of philosophy of chemistry, the main countries, problems and authors. Through literature search, investigate the different ways of integrating the philosophy of chemistry to chemistry teaching in different countries.

Key words: philosophy of chemistry, education, chemistry.

Importância da filosofia da química

Química e filosofia tiveram pouco diálogo durante o século XX. Entendemos que muitos problemas do currículo e formação em química encontram-se aí contextualizados. Isso gera problemas de consenso, diálogo e comunicação entre os vários discursos no ensino em química. Por exemplo, 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. Berkel (2005) identifica o currículo de química como isolado externamente e rígido internamente, caracterizado por uma orientação filosófica não explícita, e, implicitamente, orientado por uma filosofia e pedagogia reducionista. Isso faz o sistema pedagógico da química transmitir tacitamente as especificidades epistemológicas.

Há necessidade de um trabalho de escrutínio próprio da filosofia da química, na busca das respostas às questões básicas do sistema pedagógico da química em princípios de seleção, organização e decisões curriculares. O que é química? Para quê? Onde? Como? Quando? São perguntas que organizam o conhecimento considerado socialmente válido para integrar o currículo. Assim, se pensamos em um sistema pedagógico com caráter emancipatório e crítico, necessitamos uma maior atenção à sua filosofia ao formar os professores; contribuir com uma teoria do ensino (estruturas sintáticas e substantivas, estrutura dos conteúdos, transposição didática) bem como a maturidade profissional e organização dos saberes docentes. Para estes contextos, a relação entre filosofia e química deve ser problematizada, escrutinada, mapeada, cartografada. A isso fazemos uma primeira aproximação dando atenção à maneira de sua criação nos diferentes países e principais problemáticas.

Por exemplo, a construção de um conceito em química requer estabelecer os dados primários (experimentos), a interpretação de leis, relações e comparações e qual o modelo usado para explicar o fenômeno. É habitual o educador não considerar estes aspectos e ponderar como dado primário o modelo ou a teoria, sem nenhuma história ou nenhuma conexão com a prática. Observam-se, inclusive, inúmeros equívocos em relação à explicação dos conceitos, principalmente dos microscópicos, em que lhes são conferidas características macroscópicas, como: ‘átomos de ferro ter brilho ou serem duros’; ‘átomos de líquidos serem maleáveis’; ‘átomos que se fundem ou evaporam’; ‘elétrons que caminham’; a crença de que ‘entre partículas de um gás tem ar’; concepção de que a ‘camada eletrônica serve para cobrir o átomo’; a ‘reação de neutralização é entendida como atingir uma solução neutra’ e muitas outras imprecisões. Uma aproximação a problemas da filosofia da química faz-se necessário.

Químicos filósofos da Europa e filósofos químicos do USA: O centro do debate

A filosofia da química ainda é uma disciplina essencialmente americana e europeia. Dos países sul-americanos, apenas a Argentina e Colômbia, na figura dos pesquisadores Martin Labarca, Olimpia Lombardi e Andres Bernal Daza, Guillermo Restrepo, mostram contribuição significativa. A revista *Hyle* tem grande apoio da Alemanha, França e da Itália, os quais têm fraca contribuição na revista *Foundations of Chemistry*. A *Foundations of Chemistry* tem importante contribuição dos USA e Reino Unido. Isto parece reafirmar o mapa da distribuição do conhecimento científico entre os centros e periferia do sistema mundial da ciência, tendo os USA ainda como centro principal, a Alemanha como centro importante e outros países como periferia.

A filosofia da química é uma disciplina construída essencialmente por universidades, tendo apenas na França a participação de instituições do governo no cenário. Filósofos da química estão em sua grande maioria vinculados a área da filosofia e da química, sendo na revista *Foundations of Chemistry* mais da área de química e na *Hyle* mais de Filosofia. Boa parte não tem formação em filosofia, sendo químicos que trabalham com filosofia após o mestrado ou doutorado.

No Reino Unido, a maioria dos filósofos químicos vem da filosofia. Na França, contudo, há um equilíbrio, representado principalmente pelos pesquisadores Bernadette Bensaude-Vincent e Pierre Laslzo, com a grande maioria dos artigos publicados, e, mais recentemente, muitos trabalhos de Jean Pierre Llored principalmente sobre mereologia química. Na Alemanha há uma variedade maior de investigadores que vem principalmente das áreas da Filosofia. Um dos principais são os professores Joachim Schummer, Klaus Ruthenberg e Nicos Psarros. Um dado interessante é da Itália onde os pesquisadores são essencialmente químicos e vinculados à área de química orgânica. Neste país não há filósofos de formação.

Filosofia da química na América Latina

O debate da filosofia da química já é forte em países como a Argentina, Colômbia, México, Venezuela e Uruguai. Na Argentina temos a presença de autores importantes da filosofia da química com os professores Olimpia Lombardi (Conicet), Martim Labarca (Conicet) e Agustin Adúriz-Bravo (UBA). Os autores Martim Labarca e Olimpia Lombardi publicaram um importante artigo (Lombardi & Labarca, 2005). Este artigo propõe o pluralismo ontológico como uma possibilidade limite da autonomia da química frente às outras ciências. Olimpia Lombardi tem continuado o debate inserindo outros autores, principalmente Prigogine (Lombardi, 2012) e no trabalho Lombardi & Llored (2012) trabalha as diversas formas de pluralismo ontológico da química.

Na Colômbia tem-se a participação dos investigadores Guillermo Restrepo (Los Andes) e Andres Bernal Daza (Los Andes). Estes professores, além de organizarem dois encontros da ISPC, são atuantes do debate. Guillermo Restrepo trabalha com a fundamentação matemática da química, principalmente com a matemática da tabela periódica (Restrepo & Pachón, 2007; Restrepo & Villaveces, 2012). Foi editor da edição especial da revista *Hyle* sobre química e matemática e integrante do III Congresso Internacional sobre a Tabela Periódica. Escreveu também um importante artigo integrando o sistema filosófico de Leibniz e a química (Restrepo & Villaveces, 2012). Andres Bernal, também do grupo de química teórica, trabalha com a matematização química utilizando-se da noção de relações (Bernal & Daza, 2010). No Uruguai há um grupo de discussão sobre filosofia da química. No México o professor Antonio Chamizo tem-se destacado em participação dos congressos da ISPC e publicado o artigo *Technochemistry: One of the Chemists' ways of knowing* (Chamizo, 2012). Neste artigo o autor defende a química como uma tecnociência.

Filosofia da química em português: o viés pedagógico no Brasil

Em Portugal existe um artigo publicado na última edição da revista *Hyle* sobre os fundamentos matemáticos da química (Gavroglu & Simões, 2012). Também o investigador Sebastião Formosinho dedica um capítulo no livro 'Os bastidores da ciência- 20 anos depois' (Formosinho 2007) à filosofia da química. Este investigador tem aproximado Michael Polanyi para trabalhar a temática do conhecimento tácito na ciência e na química. Desenvolve a partir daí uma filosofia heurística. O professor Antonio Carlos Amorin igualmente trabalha com esta temática.

A disciplina filosofia da química foi inserida no currículo do programa de mestrado em filosofia e história da ciência da Universidade de Lisboa, mas nunca chegou a ser oferecida por falta de profissionais habilitados para tal. Duarte Costa Pereira desenvolve a temática em suas disciplinas de mestrado e apresentou um trabalho na SPQ (Costa Pereira, 1995).

No Brasil, que tem a segunda maior comunidade de químicos no mundo, a filosofia da química apresenta pouca representação. Encontramos apenas alguns autores como Rosária Justi & Gilbert (2002) e, recentemente, um artigo de Andrade Martins (2012) publicado na revista *Foundations of chemistry*. Também o pesquisador Nelson Bejarano (UFBA) fez seu pós doutoramento com a temática da filosofia da química, investigando o problema do reducionismo. Em várias teses de doutorado e mestrado tem sido referidas produções da filosofia da química, mas sem ser foco principal. Apenas no 16º e no 17º Congresso de Filosofia da Química houve a participação de investigadores brasileiros. Foram apresentados os trabalhos *Proposal for integrating philosophy of chemistry in the curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2011) e o trabalho *Philosophy of chemistry*, no Encontro Nacional de Química como fundamentos de seu currículo *Encontro Nacional de chemistry as foundations of its curriculum* (Ribeiro & Costa Pereira, 2012).

Nos programas de pesquisa em nível de mestrado e doutorado em áreas de ensino de ciências, no Brasil, tem-se um vazio nesta discussão. Em eventos do ensino de química, somente no ano de 2005 foi discutido este tema no VII EDUQUI (Encontro de Educação em Química), e durante as reuniões do ENEQ (Encontro Nacional de Ensino de Química), somente no ano de 2012 tem explicitado esta temática na agenda do congresso. Neste evento, foram lançados os elementos de um novo subcampo de investigação no ensino de química no Brasil. Contou com a participação dos investigadores Martin Labarca (Conicet), Ronei Clecio, Waldimir Araujo-Neto (UFRJ), Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) e Marcos Antonio Pinto Ribeiro (UESB).

A manifestação de maior relevância aconteceu no primeiro Congresso de Filosofia da Química (PHILCHIM), nos dias 01 a 03 de Dezembro de 2011 por coordenação do professor Waldimir Araujo-Neto (UFRJ) na UFRJ. Neste evento houve a participação dos professores Nelson Rui Ribas Bejarano (UFBA) que trabalhou com o tema da redução da química. Waldimir Araújo-Neto (UFRJ), que ministrou um minicurso, Joachim Schummer (Karsruhe) que trabalhou com a temática da ética em química e Olimpia Lombardi (CONICET-Argentina) que trabalhou com tema da ontologia da química. O objetivo deste congresso era aproximar a filosofia da química ao ensino de química. Contou com a participação de 20 pessoas.

O XIV ENEQ, (Encontro Nacional de Ensino de Química) que ocorreu nos dias 17 a 20/07/2012, introduziu explicitamente a temática da filosofia da química como um dos temas do seu congresso. Ocorreu uma mesa redonda com tema Filosofia da química e ensino de química, composta por Ronei Clécio Mocellin que abordou o tema Filosofia da química e a filosofia da ciência, Martin Labarca (CONICET) debatendo o tema Crítica filosófica ao triângulo de Jonhstone e por Waldimir Araujo-Neto (UFRJ) que tratou do tema representação e estrutura. Nesta mesa tratou-se do tema emergente filosofia da química; a química como uma ciência subversiva, do artificial, que cria seu próprio objeto de estudo e que foi tida durante muito tempo como a ciência que não cria problemas filosóficos.

Também foi apresentado um minicurso com o tema: filosofia da química como um fundamento do ensino de química. Neste curso pretendia-se pensar a filosofia da química no ensino de química. No mesmo congresso igualmente foram apresentados outros três trabalhos (Ribeiro & Bejarano, 2012; Ribeiro et al, 2012), onde ficou explícito a criação desta nova

subárea de investigação no ensino de química. E de forma ainda implícita, a busca de definir linhas de força para uma filosofia do ensino de química.

Quanto à literatura, ainda não há trabalho em revistas especializadas em ensino de ciências e ensino de química, no Brasil, que integre esta temática. Um bom exemplo é um livro publicado recentemente sobre formação superior de química no Brasil (Echeverría et al., 2010) em que não há referência alguma sobre a filosofia da química.

Como explicar que uma comunidade tão grande de químicos, como a brasileira, dê tão pouca importância a um debate já instalado em nível internacional? E, ao mesmo tempo, como explicar que a comunidade de educadores químicos busca superar a racionalidade técnica sem uma importância à filosofia, mas sim à pedagogia? Uma resposta a esta pergunta deve estar contextualizada, obviamente, num problema curricular. Primeiramente a um problema da teoria curricular no Brasil e segundo ao currículo de química. Embora este problema seja de importância central e mesmo fundamental, não poderá ser abordado aqui. Intuímos que este problema deva estar relacionado a fatores como a influência tecnicista das teorias de currículo no Brasil; o currículo disciplinar e técnico; a ausência da disciplina de filosofia do currículo do ensino médio, somente retomado em 2008 e a características da sociedade brasileira como a atenção demasiada à política e ao pragmatismo.

Problemas estruturantes e transversais da filosofia da química

A procura da desejável visibilidade da química no contexto da filosofia da ciência tem orientado um programa mínimo e inicial da pesquisa em filosofia da química:

Problemas	Problemas associados
Ontologia da química	Tipos naturais, referência, sistema de classificação, propriedades materiais e organizações das redes de relações, periodicidade (Schummer, 2006; Harré, 2005)
Conceituação e representação	Linguagem icônica e diagramática; modelos; à explicação estrutural; dualidade e circularidade dos conceitos. (Schummer, 2006; Goodwin, 2003, 2008, 2010).
Questões fundacionais	Axiomatização da tabela periódica; teoria dos grupos; simetria e topologia (Schummer, 2006; Earley, 2004, 2006a, 2011)
Relação com física e biologia	Reduccionismo/emergentismo/pluralismo; autonomia da química; ciência de serviço.

Figura 5: Tabela das principais linhas de pesquisa no início da filosofia da química. Fonte: Schummer, 2006

Um primeiro grande tema de pesquisa é sobre a metafísica das entidades e a materialidade dos objetos da química (Harré & Llored, 2010; Needham, 2002). Quais são os objetos básicos de estudo da química? Não podem ser moléculas, pois existem substâncias iônicas, também não podem ser as substâncias puras, pois existem muitas substâncias que não podem ser isoladas e só existem artificialmente. São observáveis ou não? São tipos naturais? São redutíveis? As entidades químicas têm sido caracterizadas por uma grande polissemia. Existe sal na água do mar? É o problema que Earley (2005) discute. Estritamente falando não podemos afirmar que exista NaCl no mar, quando muito podemos falar em íons de Cl⁻ e Na⁺ dissolvidos. Também, neste âmbito, corresponde à discussão acerca do estatuto ontológico e epistemológico de conceitos como elemento, átomo, molécula e dos conceitos relacionados à estrutura e fase. Para Seco et al. (2008), em relação aos elementos químicos, também há o

problema da referencialidade e da organização dos sistemas de classificações (Lefèvre, 2011) e o sistema periódico em química. Alguns artigos nesta área buscaram pensar principalmente através de Kant (Ruthenberg, 2009) e Aristóteles (Needham, 2002; Harré & Llored, 2010). A química de Lavoisier utiliza o conceito empírico e operacional de substância. A química atual usa um conceito de elemento inobservável, havendo assim, uma transferência de entidades nominais para entidades reais (Harré & Llored, 2010). De um contexto aristotélico para um platônico (Schummer, 2006); de um contexto descrito, empírico para um explicativo e idealizado, racional e teórico; da química descritiva para a química teórica.

Também tem sido discutido o realismo em química. Por ser a química uma ciência primordialmente sobre transformações de substância, do estudo de propriedades materiais, com um conhecimento notadamente voltado para ação e intervenção, filósofos da química tem-na caracterizado por um realismo operativo (Bensaude-Vincent, 2009) e por um realismo prático e contextual (Vihalemm, 2007).

A centralidade e o significado da conceptualização desta materialidade é outro tema de investigação. A química tem uma linguagem própria (Schummer, 2006; Goodwin, 2010, 2008), principalmente no que diz respeito aos modelos e à explicação estrutural, esta linguagem apresenta uma diagramaticidade e uma semiótica própria. Os conceitos centrais da química apresentam algumas características: dualidade como ácido/base, nucleófilo/eletrofílico, fraco/forte, eletronegativo/eletropositivo e circularidade, como por exemplo, para definir o que é ácido é necessário definir o que é base.

Os modelos e as representações têm sido um tema de estudo em edições especiais da revista *Hyle*. A principal característica é a sua polissemia. Existem muitos modelos macro para uma só estrutura micro, como existem estruturas micro sem uma correspondência de um modelo macro, bem como o nível macro não pode ser suficientemente representado por uma única estrutura. Também tem sido discutida a iconicidade, a relação entre visualização e a estética dos modelos em química.

A natureza e o lugar da teoria e as questões fundacionais em química tem sido outro tema de investigação (Schummer, 2006; Earley, 2004): É possível a axiomatização da tabela periódica? Qual a matemática fundacional da fenomenologia química? A teoria dos grupos, topologia, simetria, teoria dos sistemas? Um último tema tem sido a relação da química com a física e a biologia e cruza com o problema da autonomia da química, que tem ocupado muitos filósofos da química.

Conclusão

A filosofia da química pode levar à compreensão da estrutura química, um entendimento mais abrangente das questões formuladas, a reflexão sobre a prática, auxiliando a esclarecer o sentido de alguns termos. A educação química necessita de discussões filosóficas, para ser possível uma aceção clara em relação aos níveis de linguagem e discursos, natureza da explicação e importância dos modelos, clarificação de conceitos e especificação de uma didática. É nesse contexto que a filosofia da química faz-se urgente e pode fornecer subsídios teóricos para contextualizar as explanações, tornando o ensino de química significativo e real, visto que os docentes precisam de instrução, de esclarecimento conceitual.

Referências –

BENSAUDE-VINCENT, B. Chemistry in the French tradition of philosophy of science:

Duhem, Meyerson, Metzger and Bachelard. **Studies in history and philosophy of science**, Vol.36, n.4, 2005, pp.627–848.

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.

CHAMIZO, J. A. **Technochemistry. One of the chemists' ways of knowing** (prelo), 2012.

COSTA PEREIRA, D. **Epistemologia da química e estrutura e lógica dos seus discursos, química**. SPQ, Lisboa, 1995.

EARLEY, J. E. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**, Vol. 6, 2004, pp.137–160.

EARLEY, J. E. Why there is no salt in the sea. **Foundations of Chemistry**, Vol.7, n.1, 2005, pp. 85–102.

EARLEY, J. E. Some philosophical influences on Ilya Prigogine's statistical mechanics. **Foundations of Chemistry**, Vol. 8, n.3, 2006a, pp. 271–283.

EARLEY, J. E. **Three concepts of chemical closure and their epistemological significance**. [Http://philsci-archive.pitt.edu/5565/](http://philsci-archive.pitt.edu/5565/), 2011.

FORMOSINHO, S. **Nos bastidores da ciência: 20 anos depois**. Editora Universidade de Coimbra, 2007.

GAVROGLU, K. & SIMÕES, A. From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 18, n. 1, 2012, pp.45-68.

GOOD, R. J. Why are chemists 'turned off' by philosophy of science? **Foundations of Chemistry**, Vol.1, n.2, 1999, pp.65-95.

GOODWIN, W. M. Explanation in organic chemistry. In: **annals of the New York academy of sciences, 988 (chemical explanation: characteristics, development, autonomy)**, 2003, pp. 141–153.

GOODWIN, W. M. Structural formulas and explanation in organic chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol.10, n.2, 2008.

HARRÉ, R. & LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses **Foundations of Chemistry**, Vol. 13, n.3, 2010.

HARRÉ, R. Chemical kinds and essences revisited. **Foundations of Chemistry**, Vol.7, 2005, pp. 7–30.

LEFÉVRE, W. Viewing chemistry through its ways of classifying. **Foundations of Chemistry**, Vol.13, n.3, 2011.

LOMBARDI, O. & LABARCA, M. The ontological autonomy of the chemical world. **Foundations of Chemistry**, Vol. 7, 2005, pp.125–148.

LOMBARDI, O. & LLORED, J. Multiples way pluralism in chemistry. In: **ISPC-International Society for the Philosophy of Chemistry - Summer symposium**. Leuven, Bélgica, 2012.

LOMBARDI, O. Prigogine and the Many Voices of Nature. **Foundations of Chemistry**, Vol. 14, n. 3, 2012, pp. 205-219.

MARTINS, R. A. The rise of magneto chemistry from Ritter to Hurmuzescu. **Foundations of Chemistry**, Vol.14, n.2, 2012, pp. 157-182.

- NEEDHAM, P. **Pierre Duhem, mixture and chemical combination, and related essays.** (translated and edited, with an introduction by p. Needham). Dordrecht: Kluwer, 2012.
- RESTREPO, G. & VILLAVECES, J. Mathematical Thinking in Chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol. 18, n. 1, 2012a, pp. 3-22.
- RESTREPO, G. & PACHÓN, L. Mathematical Aspects of the Periodic Law. **Foundations of Chemistry**, Vol.9, n.2, 2007.
- RESTREPO, G. & VILLAVECES, J. Chemistry, a Lingua Philosophic. **Foundations of Chemistry**, Vol.13, n.3, 2012, pp. 233-249.
- RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. **11 international IHPST e Greek History, Philosophy and Science Teaching-** Thessaloniki, Grecian, 3-6 July,2011.
- 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.
- RUTHENBERG, K. Paneth, Kant, and the Philosophy of Chemistry. **Foundations of Chemistry**, Vol.11, n.2, 2009.
- SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** 10. Ed., 2008.
- SCERRI, E. **The Periodic Table: Its Story and Its Significance.** Oxford University Press, New York, 2007.
- SCERRI, E. Reduction and emergence in chemistry—two recent approaches. In: **Proceedings of the PSA 2006 Meeting, Philosophy of Science**, Vol.74, 2007a, pp. 920–931.
- 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.
- SECO, M., ALVAREZ, S. & SALES, J. On books and chemical elements. **Foundations of Chemistry**, Vol. 10, n.2, 2008, pp.79-100.
- VIHALEMM, R. Philosophy of Chemistry and the image of science. **Foundations of science**, Vol.12, n.3, 2007, pp.223–234.