

Perspectivas não fisicalistas na didática da química

Marcos Antonio Pinto Ribeiro / Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil



resumo

Busca-se, a partir da história e filosofia da química, explicitar padrões de longa duração de modos de pensar e ensinar química. A filosofia da química só começa a se constituir, mais sistematicamente, a partir dos anos 1990, espaço até aí ocupado, tacitamente, pelo fisicalismo reduutivo. A reflexão sobre a especificidade da química revela perspectivas ainda ausentes no currículo da química. Apresentamos aqui algumas análises como: estilos cognitivos, epistemológicos e didáticos; padrões históricos da didática da química e abordagens não fisicalistas do ensino da química.

palavras chaves

Filosofia da química, didática da química, fisicalismo reduutivo.

abstract

Based on the history and philosophy of chemistry, the aim is to explain long-lasting patterns of ways of thinking and teaching chemistry. The philosophy of chemistry only began to form, more systematically, from the 1990s onwards, a space hitherto tacitly occupied by reductive physicalism. Reflection on the specificity of chemistry reveals perspectives that are still absent in the chemistry curriculum. Here we present some analyses such as: cognitive, epistemological and didactic styles; historical patterns of chemistry didactics and non-physicalist approaches to chemistry teaching.

keywords

Philosophy of chemistry, chemistry didactics, reductive physicalism.

Introdução

A filosofia da química é um campo disciplinar emergente nos últimos 20 anos (Ribeiro, 2014). No século xx, filosofia e química tiveram pouco diálogo e a filosofia da ciência, restrita a análise lógica e sintática, e no contexto do positivismo lógico, negligenciou a filosofia da química. Na atualidade é um campo fértil e produtivo, tendo uma complexidade de temas e problemas.

A Educação Química, o currículo, a formação e a didática tem sido orientado ou pela tradição, por teorias psicológicas, sociológicas e/ou por uma perspectiva filosófica tácita e

intuitiva, que não implica uma posição filosófica explícita (Van Berkel, 2005). De outra, o fisicalismo reduutivo, principal fundamento do currículo, tem sido uma orientação filosófica tácita, ou tornada uma ideologia no sistema pedagógico. Como consequência, a didática da química não transmite especificidades intrínsecas, tornando as práticas pedagógicas determinadas por um currículo oculto, ou por estruturas alheias à sua especificidade epistemológica, bem como determinado por um paradoxo central e não superado na educação química: é uma ciência indutiva, criativa, heurística, relacional, pluralista,

contextual, inexata, aproximada, mas fundamentada e transmitida por explicações fisicalistas de carácter dedutivo.

A perspectiva fisicalista se consolidou partir de 1920 com a conquista do átomo pela física e a constituição da química teórica. A partir de então tornou-se um fundamento predominante do currículo da química (Van Berkel, 2005; Van Aalsvoort, 2004). Entretanto, este não é fundamento eficaz na solução do carácter enciclopédico dos conteúdos químicos, fruto tanto do seu crescimento exponencial; da natureza sistêmica e organizacional; da polissemia e da multiplicidade

de esquemas, modelos e representações; do pluralismo constitutivo; das contradições e circularidade dos conceitos centrais; do carácter inobservável e da falta de referentes das entidades químicas que faz o laboratório ter um carácter de conversão teológica e necessitar da transição;¹ do carácter icônico da linguagem química, que constrói uma semiótica própria e faz trabalhar com a abdução e necessitar da visualização e competência representacional (Laszlo, 2012); bem como do carácter histórico e mesmo idiográfico da química.

De posse destas discussões, que alternativas e possíveis superações podemos pensar? Faremos aqui algumas considerações. Primeiramente propomos estilos didáticos, epistemológicos e cognitivos da química; depois padrões didáticos da química a partir da história e filosofia da química e posteriormente perspectivas não fisicalistas. Estes podem ser fortes instrumentos de formação, análise e desenho de propostas didáticas e curriculares.

Inscrições filosóficas, estilos didáticos, epistemológicos e cognitivos

Sistematizamos o debate da filosofia em temáticas e domínios transversais de especificidade, campos de problemas com relativa autonomia que denominamos de estilo da práxis química. Um primeiro estilo está inscrito na necessidade de *classificação e descrição* de entidades naturais ou artificiais (Vihalemm, 2007). No século XVIII essa dimensão ganha expressividade e alcança esplendor com o sistema periódico de Mendeleev (Scerri, 2007), entretanto este estilo é característico da razão taxionômica (Crombie,

¹ Inferir propriedades de observáveis a partir de entidades inobserváveis.

1994) e transversal à história, ontologia e lógica da química. Variados critérios e princípios classificatórios como as propriedades disposicionais para Paracelso, substância pura para Lavoisier, e atualmente a noção de estrutura e função, na química estrutural tem sido descrito na história da química.

No âmbito do ensino, nossas pesquisas tem identificado que temos ensinado as classificações como conteúdo declarativo e não procedimental, ensinamos as classificações, mas não a classificar.

O segundo estilo denominamos como *diagramático*, caracteriza pela criação de uma linguagem específica para comunicar, bem como ferramenta heurística de previsão, cálculo e explicação. Inscreve-se em uma semiótica própria da química. Alcança esplendor no século XIX, principalmente a partir de 1860, com a proposição das fórmulas estruturais de Berzelius. É decodificado principalmente por Charles Sanders Peirce e atualmente há uma busca de sistematização teórica e matemática via topologia e simetrias.

Outro estilo é a *fenomenotécnica*, próprio de abordagens filosóficas da relação com o instrumento e a técnica, forma que tem influenciado a racionalização da química e do seu ensino, principalmente após a revolução instrumental na química dos anos 1950. Bachelard (2009) é um ícone desta abordagem e defendeu o racionalismo aplicado e o materialismo técnico, para quem um instrumento é uma teoria materializada; a metaquímica e o conhecimento químico como provocação. Uma indicação da ausência desta dimensão no ensino está inscrita, por exemplo, no ensino da noção de substância pura, sem referir-se ao laboratório, a técnica e instrumentos.

Outro estilo que identificamos é a dimensão *tácita*, inscrita na relação dialética entre matéria e conceito, arte e ciência, terreno e território. A química ao construir linguagem ao mesmo tempo que constrói o seu objeto não se move completamente no terreno explícito como o da matemática, de uma linguagem universal. Não é possível assim falar em conteúdo de pensamento puramente declarativo, sendo fiduciário de uma dimensão pré-linguística, rico em heurísticas, em conhecimentos não formalizáveis, não algorítmicos, em intuições, heurísticas, no contexto da descoberta, quebras de protocolos, em um conhecimento pessoal (Polanyi, 1958). Um saber transmitido na socialização e na relação mestre/aprendiz, em práticas culturais e em sistemas axiológicos.

Um expoente teórico desta dimensão está em Michael Polanyi que evidenciava características da química como a inexistência dos conceitos que expressam tendências, disposições; as muitas variáveis de contorno e as aproximações ao lidar com problemas de muitos corpos e situações reais.

Um quinto estilo é o processual e entra em outro registo filosófico mais vinculado às problematizações do tempo, da dinâmica, da evolução, criação, irreversibilidade e à história, em uma caracterização sistêmica da química. Enquanto na dimensão classificatória atenta-se para a organização da diversidade estonteante dos objetos químicos, na dimensão processual atenta-se para organização e sentido da complexidade crescente das moléculas, biomoléculas e sistemas naturais, para o sentido histórico e criativo da matéria. Essa dimensão tem sido discutida por referência a Whitehead, Leibniz e ao trabalho

de Prigogine sobre estruturas dissipativas e os ritmos longe do equilíbrio termodinâmico

De posse desses domínios, podemos fazer muitas inter-relações. É possível identificar registros filosóficos e, portanto, diferentes princípios heurísticos, organizadores e integradores nos níveis epistemológicos, sintáticos e pedagógicos. É possível identificar um estilo cognitivo e, portanto, um tema ou conceito estruturante, uma atenção maior a determinado esquema de realidade; um estilo de pensamento; um tipo de conteúdo e, desta forma, um tipo de ensino e um estilo de aprendizagem.

Padrões históricos da didática da química

Continuando a análise iremos agora encontrar padrões históricos da didática da química instanciados na história e filosofia da química. Um primeiro padrão importante da didática da química é instanciado por Antonie Lavoisier (1743-1794) ao estabilizar o sistema linguístico e a nomenclatura química e a propor a noção de substância pura como um critério para classificação e organização do conhecimento químico. A química tornou-se a linguagem das coisas. Ao fundamentar a química na noção de substância elemental, e esta, como fruto da fenomenotecnia química, Lavoisier racionalizou um modo de pensar, bem como um modo de ensino da química.

Este padrão didático foi reatualizado com Dimitri Mendeleev (1834-1907) e explicita ainda mais a importância da ontologia, da lógica, do sistema conceitual e da sistematização química.

Recentemente, Laszlo (2012) tem centrado nesta análise, defendendo a identidade da química como uma arte combinatória, como um sistema linguístico caracterizado na linguagem

icônica, caracterizando o ensino de química como linguagem e, um processo de alfabetização. A competência do professor seria de ajudar o aluno a construir boas sentenças químicas e desenvolver a inferência da transição e abdução.

Outro momento histórico importante na didática química está em Justus Von Liebig (1803-1873) e a introdução da pesquisa e do laboratório no ensino de química. Coloca-se aqui a importância da imersão² e da vivência em laboratório, da transmissão mestre-aluno; da aprendizagem pelo contato e do habitar o instrumento.³ É assim um contexto vinculado a aprendizagem de competências, de procedimentos, da pesquisa e principalmente de métodos ativos.

Apesar de Michael Polanyi (1891-1976) não ter trabalhado a noção de pesquisa e do uso do laboratório, consideramos que a noção de conhecimento tácito e a importância da imersão e socialização, do papel da descoberta e das heurísticas, inserem-se nesta compreensão histórica de um padrão didático da química. Este padrão tem sido pouco compreendido e apropriado na didática da química.

Outro momento histórico que explicitou um padrão didático identificamos no contexto da Alemanha no século XIX e vincula-se a importância da relação da universidade, indústria e do mercado. A química orgânica foi desenvolvida nesta relação, focando na intervenção e em um forte sistema axiológico, ausente na atualidade do ensino desta. Existe assim um componente pragmático e um sistema axiológico construído na relação entre indústria, mercado e economia, ciência e técnica, ciência e profissão.

² Indell para Michael Polanyi.

³ Termo desenvolvido por Michael Polanyi.

No século XX, temos uma influência definitiva na didática da química com certa, com a influência da física e da matemática e o legado do reducionismo fiscalista, com hegemonia atual. A física alcança o coração da química com a explicação da ligação química e do átomo, constitui-se a química teórica, intensifica a matematização e uso da física, desencadeando a revolução instrumental dos anos 1950 e se torna um fundamento teórico importante para organizar o currículo e a didática da química. Como visto em sessão anterior, identificamos este um problema central no ensino da química.

Atualmente identificamos a influência da Informática e Biologia, da Química Computacional que torna o Laboratório *in vitro* e a simulação computacional uma realidade cada vez mais na prática química, tornando-se assim uma dimensão que, pensamos, irá influenciar o futuro da didática da química. Bruce (2000) ainda defende que a tricotomia teórico/experimental/computacional, no lugar do tradicional teórico/experimental deve estruturar a organização do conhecimento químico na atualidade.

A didática da química tem privilegiado alguns destes padrões e negligenciado outros. Por exemplo, não tem considerado a centralidade da pesquisa, dos métodos ativos, da socialização, do papel da descoberta, das heurísticas, da relação com a indústria e o mercado e tem focado, influenciado por uma visão fiscalista, numa lógica dedutivista.

Abordagens não reducionistas do ensino dos filósofos da química

Perspectiva linguística: ensino de química como uma linguagem

Uma perspectiva de ensino inovadora é proposta por Laszlo

(2012). Pode-se definir química como a ciência das transformações da matéria; ciência do artificial; ciência molecular; tecnociência; ciência da inovação. Defendendo a química como uma arte combinatória eleva a importância da linguagem e coloca a química no mesmo status de ciência como a linguística. Assim, um saber passa a ser ciência quando possui um conjunto de representações e opera com uma linguagem específica. Ao entender a química como uma arte combinatória, o autor destaca a importância das heurísticas e das regras. «Existe uma cornúpia entre heurística e química», entre química e linguística Laszlo (2012: 38).

Para o autor o ensino de química deve ter uma dinâmica *Top Down*, associada ao tradicional *Bottom Up* defendido pelo fisicalismo. Nessa dinâmica, um passo inicial é fazer os estudantes usarem os modelos químicos de forma natural e irem complexificando suas relações. Um segundo passo é fazer com que os alunos façam movimentos de *Top Down* e *Bottom Up*, usando esses modelos.

Para o autor, as moléculas podem ser comparadas às palavras. A polissemia e a monosssemia são compreendidas pelos químicos na forma de seletividade e especificidade. A relação com o ensino de química afigura-se da seguinte forma: uma reação química é uma sentença bem formada; muitas sentenças são equivalentes à performance da ação; os intermediários nas transformações químicas podem ser considerados como raízes das palavras. Assim, os professores são guias linguísticos e intérpretes, ensinam seus estudantes como construir proposições químicas bem formadas.

Perspectiva sintética em alternativa à analítica

Earley (2004) também reconhece o primado do reducionismo e ainda mais da visão de mundo herdada do renascimento na forma do mecanicismo e da analiticidade. Para o autor, uma filosofia de processos deveria ser a abordagem para o ensino de química, mudando a noção de natureza para uma visão dinâmica e não estática. O autor tem defendido, desde 1981, uma filosofia de processos para a química e que os cursos deveriam trocar a perspectiva analítica pela sintética. Nesse caso, a unificação se daria pela história e pelo processo e não pelo conjunto de leis.

Earley (2004) defende que os cursos introdutórios de ciências sejam concebidos com o objetivo explícito de introduzir os alunos nos principais pontos da história sobre a origem do mundo em que habitamos, mantendo o máximo de contato com outros aspectos da cultura humana, criando uma narrativa sintética e com sentido. Por exemplo, pode-se iniciar com o vácuo, abordando, depois, novas entidades de classes: quarks, átomos, moléculas, estrelas, organismos, sociedades. Para Earley, uma competência básica de um professor de química é a construção de uma boa narrativa, de uma visão de perspectiva e de larga escala.

Heurística: socialização, descoberta e plurissignificação

Outra sugestão é a de Formosinho (1987), que trabalha com a referência de Polanyi e com o pensamento tácito. Para ele, o ensino de química deve inserir uma filosofia heurística, ou seja, deve introduzir temas da descoberta, o ponto de vista, a percepção e o convívio com ideias diferentes, para fomentar a plurissignificação, evidenciada,

em química, no pluralismo e na polissemia dos conceitos, representações, leis e modelos.

Sistematismo químico

Nessa perspectivação, inferimos que o ensino deveria problematizar os conceitos nucleares da química como substância, elementos, propriedades, processos e níveis, aplicando-se nos níveis focais da química e na relação entre a física, matemática e a biologia, estabelecendo os principais conceitos e construindo um sistematismo químico.

Um trabalho que se aproxima dessa perspectiva foi feito por Reiher (2002, 2003). O autor defende a necessidade de uma metateoria em química, de um sistema teórico convenientemente dividido em sistema, seu ambiente e contexto. As diferentes escolhas de ambientes podem produzir resultados dependentes do contexto, em um crescendo de complexidade.

Os ingredientes básicos de um sistema químico, para Reiher (2002, 2003), devem ser classificados de uma forma simplificada: elementos, propriedades e interações. O sistema existe em variadas escalas, gerando sistemas e subsistemas. Segundo Reiher (2003), esses conceitos sistematizam o conhecimento químico: um elétron seria um elemento para o átomo, um átomo para uma molécula e assim sucessivamente. As diferenças entre os sistemas seriam de complexidade de suas interações entre os elementos, o que geraria propriedades diferentes nos seus diversos níveis de realidade.

Centralidade da axiologia e praxeologia dos conceitos químicos

Essa condição tem sido defendida por Izquierdo-Aymerich (2012). Os conceitos químicos

ganham sentido dentro de uma perspectiva prática, da utilidade do seu uso. Isso faz o contexto axiológico e praxeológico ter privilégio em relação ao gnosiológico e as dimensões fenomenotécnica e tácita terem uma centralidade maior que as outras.

Conclusão

A filosofia e a história da química tem sido dois campos disciplinares pouco considerados. A didática da química tem tido uma perspectiva cognitivista e orientada implicitamente pelo positivismo lógico e pelo fisicalismo reduutivo, tem desconsiderado grande parte de características intrínsecas da química. A filosofia da química, como um fundamento importante da didática da química pode explicitar padrões de longa duração que aqui foram analisados.

Primeiramente identificamos o fisicalismo como um problema a ser pensado e superado. Em segundo identificamos estilos cognitivos, didáticos e epistemológicos. Em sequência identificamos padrões históricos da didática da química, e por fim, perspectivas não fisicalistas.

Por fim, identificamos que a didática da química ainda focada tacitamente na visão fisicalista tem priorizada uma perspectiva dedutiva do ensino de química, contexto a ser superado pela pesquisa em educação química. E por isso tem negligenciado grande parte das características intrínsecas da química, dentre outras: a importância da indústria, da tecnologia e inovação; dos métodos ativos, da pesquisa e de um sistema axiológico; da plurissignificação, do papel da descoberta, do ponto de vista; da simulação de narrativas integradoras.

Referências

- BACHELARD, G. (2009). *O pluralismo coerente da química moderna*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- CROMBIE, A. C. (1994). *Styles of scientific thinking in the European tradition*. London: Duckworth.
- EARLEY, J. (2004). «Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis?» *Foundations of Chemistry*. New York, vol. 6, p. 137-160.
- FORMOSINHO, S. (1987). «Uma perspectiva heurística para o ensino da química». *Rev. Port. Quim. [S.l.]*, vol. 29, p. 161-183.
- IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2012). «La enseñanza de los componentes prácticos y axiológicos de los conceptos químicos». En: CABRÉ, M. T.; BACH, C. (ed.) *Coneixement, llenguatge i discurs especialitzat*. Barcelona: Institut Universitari de Lingüística Aplicada (UFP)/ Documenta Universitària.
- KING, BRUCE, R. (2000). «The Role of Mathematics in the Experimental/Theoretical/Computational Trichotomy of Chemistry». *Foundations of Chemistry*, [S.l.], vol. 2, p. 221-236.
- LASZLO, P. (2012). «Towards teaching chemistry as a language». *Science & Education*, New York, online first, 23 mar.
- POLANYI, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago: The University of Chicago Press.
- REIHER, M. (2002). «The systems-theoretical view of chemical concepts». *Foundations of Chemistry*. New York, vol. 5, p.147-163.
- (2003). «A systems theory for chemistry». *Foundations of Chemistry*. New York, v. 5, p. 23-41.
- RIBEIRO, M. A. P. (2014). *Integração da filosofia da química no*

currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia do ensino. Lisboa, 390 p. [Doutoramento em Educação].

- SCERRI, E. (2007). *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. New York: Oxford University Press.
- VAN AALSVOORT, J. (2004). «Logical positivism as a tool to analyse the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education». *International Journal of Science Education*, [S.L.], vol. 26, num. 9, p. 1151-1168.
- VAN BERKEL, B. (2005). *The structure of current school chemistry: A quest for conditions for escape*. Tekst. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- VIHALEMM, W. (2007). «Philosophy of Chemistry and the image of science». *Foundations of science*, [S.l.], vol. 12, n.3, p. 223-234.



Marcos Antonio Pinto Ribeiro

Professor titular da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Possui graduação em Química Bacharelado, mestrado em História, Filosofia e Ensino de Ciências pela UFba e Doutorado pela Universidade de Lisboa. Coordena o grupo de pesquisa Investigações em filosofia, química e currículo. Pesquisa sobre filosofia da química, ensino, currículo e formação superior em ciências e química.
E-mail: marcos.ribeiro@uesb.edu.br