

## Panorama histórico da relação entre Filosofia e Química

Marcos Antonio Pinto Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doutor pela Universidade de Lisboa.  
Professor da Univesidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB/Brasil).

### Informações do Artigo

**Recebido:** 15 de setembro de 2017

**Aceito:** 21 de novembro de 2017

**Palavras chave:**

Filosofia, Química, Filosofia da química

**E-mail:**

marcolimite@yahoo.com

### ABSTRACT

Chemistry and philosophy had little dialogue during the twentieth century. This work investigates and organizes the main relations between these two fields of knowledge. After reading articles from the journal HYLE and FOUNDATIONS OF CHEMISTRY, as well as some of the central philosophers of chemistry in this subject, such as Van Brakel's work, we organized our panorama on the following topics. Van Brakel defends a prehistory of the philosophy of chemistry: from 1789 to 1990, marked mainly by the influence of Kant's legacy and his re-evaluation in the *posthumous* opus, Kant considered chemistry as a systematic art without a priori judgments. The anti-atomism, mainly of Ostwald and Duhem was also a chapter of this relation; In the twentieth century Paul Dirac, speculates on the possibility of complete reduction of chemistry to Physics which deprives it of genuine philosophical problems; Chemistry is present in the philosophy of emergentism, dialectical materialism and the French tradition. The twentieth century is characterized by Van Brakel for a philosophy of chemistry without philosophers, that is, there are non-systematic publications of chemists with an interest in philosophy, for example, Panet. Chemistry begins to enter the philosophy of science in the 1960s, especially with Tomas Khun; In the 1990s is the birth of the discipline philosophy of chemistry, one of the fastest growing fields today. In the end, we make an inference of this debate for Chemical Education.

### INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de um objeto maior de investigação que busca transpor o debate do campo disciplinar da filosofia da química para pensar o sistema pedagógico da química. Especificamente, este trabalho trás alguns elementos históricos da constituição da filosofia da química para futuramente pensá-lo como um dos fundamentos teóricos do currículo. Isso porque, entendemos que muitos problemas do currículo e formação em química contextualizam-se na difícil relação entre filosofia e química. Isso gera problemas de consenso, diálogo e comunicação entre os vários discursos no sistema pedagógico da 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 e dedutivo, algorítmico. Um exemplo de ciência normal (BERKEL, 2005). A química que se ensina é distante da química que se pratica. A prática química é hegelina, 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 assim um trabalho de escrutínio próprio da filosofia da química na busca das respostas as questões básicas do seu sistema pedagógico que influenciará princípios de seleção, organização e decisões curriculares. O que é química? Para que? Onde? Como? E quando? São perguntas que, refletidas ou não, organizam o conhecimento considerado socialmente válido para integrar o currículo. Assim, se pensamos em um sistema pedagógico com caráter emancipatório e crítico, como o é o caso da defesa do professor reflexivo, pesquisador, da NOS, HFS, CTSA, temos que ter uma maior atenção á sua filosofia ao empoderar 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.

## **APORTES METODOLÓGICOS**

Esta é uma pesquisa bibliográfica. Utilizando como dados os artigos da revista *foundations of chemistry* e *Hyle*, os dois canais principais de divulgação do campo disciplinar da filosofia da química, fazemos uma organização histórica da relação entre filosofia e química. Numa etapa posterior avançamos em leituras mais específicas de alguns autores, principalmente a obra de Van Brakel que se dedicou a investigar os motivos do negligenciamento da química no contexto da filosofia.

## **FILOSOFIA E QUÍMICA: UMA RELAÇÃO POUCO COOPERATIVA**

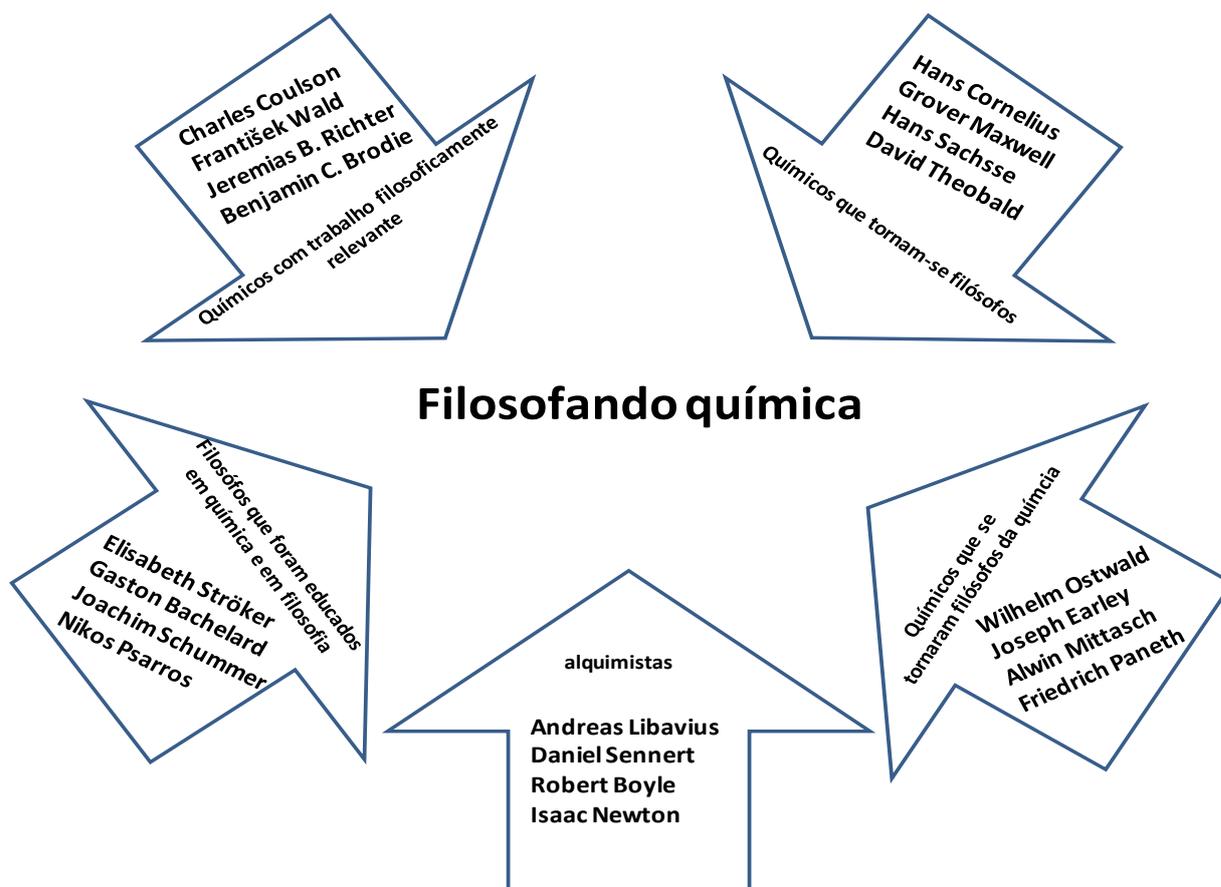
Uma primeira aproximação entre filosofia e química pode ser feita pelo conceito de substância o qual tem sido discutido sobre duas vertentes diferentes (VAN BRAKEL, 1999,

2000): um geral, associado à filosofia geral, principalmente em Aristóteles e Locke e outra mais especificamente científica, por outros filósofos (físicos e químicos) (Averroes, Boyle, Descartes, Faraday, Gassendi, Leibniz, Mach, Newton, Ostwald, Priestley, Spinoza). Nesta segunda linha, para Van Brakel (1999) eram raras discussões explícitas tendo a química como objetivo, a exceção de Düring (1944) Aristotele's chemical treatise: meteorológica.

Desde Aristóteles, o conceito de Hyle, Stuff ou matéria, tem sido esquecido na filosofia e filosofia da ciência em favor da forma, compreendida matematicamente pela geometria euclidiana e mecânica newtoniana como modelo universal de conhecimento (Van Brakel, 1999). A tensão entre matéria e forma veio apenas a se acentuar na modernidade, ilustrado, por exemplo, na influência kantiana em ver a química como uma ciência não própria, apenas com juízos *a posteriori*, de generalizações empíricas. Particularmente na Alemanha e países de língua inglesa a filosofia da ciência tornou-se focada na tradição matemática com tópicos favoritos em estatísticas, lógica matemática, teoria da relatividade e mecânica quântica (SCHUMMER, 1998).

Durante os séculos XIX e XX, químicos como Justus Von Liebig, Pierre Duhem, Ostwald, Michael Polanyi e Gaston Bachelard, tiveram engajados em questões filosóficas. Contudo suas influências não se fizeram ouvir no contexto da química e sim no contexto da filosofia geral, nem mesmo estes químicos escolheram sua disciplina para construir seu pensamento filosófico. Sendo, entretanto influenciados pela química. Visões como as de Ostwald e Pierre Duhem, que deram prioridade a termodinâmica nas definições operacionais de homogeneidade e substância pura (independente de modelos atômicos ou representações), foram marginalizadas.

Outra ligação entre filosofia e química pode-se ver nos filósofos que tiveram conhecimento de química. Na tradição alemã têm-se os filósofos como Kant, Hegel e Schelling e na tradição francesa tem-se, principalmente, Pierre Duhem, Gaston Bachelard e EmilleMayerson (BENSAUD-VINCENT, 2005). No século XIX, a filosofia natural alemã fez uso da noção de afinidade e valência para uma noção geral de quimismo (VAN BRAKEL, 1999). Química exerceu um importante papel na filosofia natural de Hegel e na estrutura teórica do materialismo dialético. Para Hegel, quimismo era uma posição intermediária entre mecanismo e teleologia. Um objeto químico (não restrito à química) é uma totalidade independente que é definida por suas relações com outras coisas. Esta lógica de Hegel é então generalizada para outros domínios. Para Van Brakel (1999) a filosofia da química poderia ser uma parte substancial da filosofia da natureza de Hegel.



Classificação de autores que interagiram com a filosofia.

Adaptado a partir de Ruthenberg (2012)

A figura acima representa uma sistematização de autores que interagiram com problemas da química. Nesta classificação Ruthenberg (2012) situa filósofos contemporâneos como Joachim Schummer, Joseph Earley e Nikos Psarros como autênticos filósofos da química. Também situa Gaston Bachelard como um autêntico filósofo da química. Vale salientar que a apropriação de Bachelard no ensino de ciências tem sido como um filósofo da física.

Van Brakel (2012) defende a seguinte periodicidade para a filosofia da química. Uma primeira etapa caracterizada como a pré-histórica da filosofia da química vai de 1789 até o seu aniversário em 1990. Como grande Marco tem-se 1786 com Kant, 1929 com Paul Dirac e finalmente em 1990 com o nascimento da filosofia da química.

## PRÉ-HISTÓRIA DA FILOSOFIA DA QUÍMICA: DE 1789 A 1990

A principal relação da química é com Kant e com Dirac, dois responsáveis pelo seu negligenciamento (VAN BRAKEL, 2012). Kant, na *Metaphysical Foundations of Natural Science*, ao considerar a química uma arte sistemática, influenciará outros até o presente. E Paul Dirac (1929) afirmou a redução completa à física, destituindo sua autonomia disciplinar.

### Influência do legado de Kant

Kant, no século XIX, influenciará os filósofos da natureza alemães como Schelling, Hegel e químicos como Von Liebig, Ostwald, Mittasch, Paneth. Será também importante para Whewell, Mill, Peirce e Frege. Todos concordam com Kant quanto à necessidade da matemática para ser uma ciência própria; todos são críticos do atomismo e concordam que os conceitos de afinidade, polaridade e valência são específicos da química. Peirce e Frege ainda consideram que pensar através de modelos é uma especificidade da química.

Hegel teve familiaridade com o trabalho de Lavoisier e Berthollet, escreveu um longo trabalho sobre a noção de afinidade de Bergman e engajou-se em um debate com Berzelius (VAN BRAKEL, 2012). Entretanto, para Van Brakel (2012), embora Hegel e Schelling defendessem o status da química, a visão de Kant foi dominante, principalmente porque a filosofia natural de Hegel e Schelling não era bem aceita.

Isso pode ser visto no trabalho de Whewell, no livro *the philosophy of the inductive Science*, na VI sessão intitulada "*Philosophy of Chemistry*", quando o mesmo é muito áspero e defende que "não era de fato, sem alguma razão que alguns dos filósofos alemães fossem acusados de lidar com doutrinas amplas e profundas em seu aspecto, mas, na realidade, indefinida, ambígua e inaplicável". Para Whewell estas doutrinas eram focadas na afinidade química (polaridade de Berzelius), idéias de substância e também impressionados pelas teorias atomísticas. Whewell então defende que "não acho que os conceitos fundamentais de química sejam satisfatórios em termos de clareza e coerência, [...] "a química, no presente, não pode, com alguma vantagem, formar uma porção da formação geral intelectual".

Assim como Kant ficou impressionado com o trabalho de Lavoisier, Peirce ficou impressionado com o trabalho de Mendeleev. Como Hegel, Peirce também acreditava que a noção de valência era uma das idéias mais importantes da história da ciência. Chamava *phaneroscopy*, *phanerochémy* como átomos para pensar. Segundo Peirce "nós temos de estar

satisfeitos com a história natural dos corpos químicos elementares, sem ainda suas explicações físicas."

### **Anti-atomismo**

Até a década de 1870 Kekulé rejeitou a idéia de que as fórmulas químicas representam moléculas "reais". Para Ernest Mach "A teoria atômica desempenha um papel na física semelhante ao de certos conceitos auxiliares em matemática". Até 1886, a teoria atômica não foi ensinada em escolas secundárias francesas. Boltzmann descreve sua teoria molecular do gás, mas como uma analogia convencional. Poincaré disse que "nós" aceitamos a teoria atômica, porque "nós" estamos familiarizados com o jogo de bilhar. Por volta de 1900 o anti-atomismo ainda era uma questão de vida para os filósofos.

Pierre Duhem criticou a indefinição das hipóteses atômicas, em particular na estereoquímica de Van'tHoff. Estruturas moleculares não têm que ser compreendida em termos de átomos, mas pode igualmente bem ser entendida em termos das propriedades químicas dos compostos. O objetivo de Duhem era uma combinação mecânica e termodinâmica em uma teoria mais ampla e construída com conceitos macroscópicos.

### **Herança de Paul Dirac**

A herança de Paul Dirac também contribui com a difícil relação com a filosofia. Segundo Dirac (1929)

*as leis básicas necessárias para a teoria matemática de uma grande parte da física e de toda a química são, portanto, completamente conhecidos, e a dificuldade é apenas que as aplicações exatas dessas leis levam a equações que são demasiados complicadas para ser solúvel.*

Isto repercute na filosofia da ciência. Para Reichenbach (1938) o problema de física e química parece finalmente ter sido resolvido: hoje é possível dizer que a química é parte da física.

Entretanto, quando Paul Dirac observou que sua fórmula explicava a maior parte da física e de toda a química é claro que ele estava exagerando. Em princípio, um físico teórico utilizando QED pode calcular o comportamento de qualquer sistema de química na qual a

estrutura interna pormenorizada dos núcleos atômicos não é importante. Heisenberg (1972) coloca que física e química tornaram-se fundidos em química quântica (GAVROGULU & SIMÕES, 2012). Por isso Schweber defende que a física poderia ser dita está se tornando como a química [estratificada em níveis independentes], melhor compreendida pela ontologia de níveis onde os conceitos de níveis, emergência e contextos passam a ter centralidade.

### Reavaliação de Kant: Opus postumos

Em DantzigerPhysik, Kant (1785) defende que:

*a química elevou-se a uma maior perfeição nos últimos tempos, também por direito merece a reivindicação de toda a doutrina da natureza: pois apenas o menor número de aparições da natureza pode ser explicado matematicamente - apenas a menor parte das ocorrências de natureza pode ser matematicamente demonstrada. Assim, por exemplo, pode, com certeza, ser explicado de acordo com as proposições matemáticas quando a neve cai na terra, mas por que os vapores se transformam em gotas ou são capazes de dissolver - aqui a matemática não produz elucidação, mas isso deve ser explicado a partir das leis empíricas universais da química.*

Em *Opus Postumus*, entre 1796-1803, Kant está trabalhando na transição das *Metaphysical Foundations of Natural Science to Physics*, Kant expressa que,

*este tratado é direcionado para preencher o que ainda é uma lacuna na doutrina pura da natureza e, em geral, o sistema de princípios a priori - e, portanto, no sentido de realizar completamente a minha tarefa metafísica.*

Em função de não ser capaz de dar uma explicação filosófica às substâncias, Kant começou a ver como uma lacuna em sua filosofia. Kant escreveu para Christian Garve em 21 de setembro de 1798, "deve ser preenchido, ou então uma lacuna permanecerá na filosofia crítica." Kant tinha convencido de que deve ser adicionado um novo *a priori* para que a "doutrina pura da natureza" continue completa. Se o sintético *a priori* tem de garantir a possibilidade de toda a experiência, não pode restringir apenas à física (mecânica newtoniana).

Ao mesmo tempo, ele percebeu que o progresso por Lavoisier e outros, introduziu a medida exata em química e, portanto, o potencial de raciocínio matemático. A formulação sistemática de uma teoria dinâmica da matéria tem que preencher a "lacuna" na filosofia de

Kant da natureza, o que leva Kant a contemplar o papel central de um "éter mundo" ou "éter calórico" pois Kant sempre foi contra o atomismo.

Para Pauling (1950),

*físicos em geral tendem a restringir-se à pequena parte do mundo físico com que lidam, e deixar de fora de seus estudos todos os recursos, tais como a estrutura e propriedades das substâncias em relação à sua composição química, e as reações que uma mudança substância em outra. Químicos, no entanto - e biólogos também - estão interessados em diferentes tipos de matéria.*

Para Van Brakel isso aconteceu com quase qualquer outro que pensou sobre o assunto: Lavoisier, Kant, Schelling, Mendeleev, Bachelard, Polanyi, etc. De 1908 a 1960 houve uma negligência completa da filosofia da química na filosofia da ciência no idioma Inglês, principalmente por que a química não é uma ciência teórica (químicos teóricos tendem a concordar). Na Foundations of the Unity of Science: Toward an International Encyclopedia of Unified Science (1938-1970) – somente Kuhn (1962) usou a química. Antes de 1960, no máximo, 10 artigos em BJPS + PS. Em 1962 BJPS publicou duas edições do artigo de Paneth de 1931.

## **FILOSOFIA E QUÍMICA NA FILOSOFIA DO EMERGENTISMO**

A química foi amplamente citada na filosofia do emergentismo. Muitos exemplos de química são usados para interpretar os princípios centrais do emergentismo. Broad (1925) coloca que,

*não há necessidade de haver qualquer componente particular que está presente em todas as coisas que se comportam de uma determinada maneira. O comportamento característico do conjunto não pode, mesmo, em teoria, ser deduzida a partir do conhecimento mais completo do comportamento dos seus componentes tomados separadamente ou em outras combinações, e de suas proporções e disposições deste conjunto.*

Contudo, embora Broad (1925) seja freqüentemente citado dizendo que a "situação com a qual nos deparamos em química... parece oferecer o exemplo plausível do comportamento emergente," no geral ele não deu muita atenção para a química em sua teoria

da ciência e do conhecimento. Por exemplo, em seu *thinkingscientific* (1923), não há uma palavra sobre a química. Não há referências à química em sua *Library of Living philosophers*.

### FILOSOFIA E QUÍMICA NO SÉCULO XX

Ernest Cassirer, um neo-kantiano, coloca que “a construção conceitual da ciência natural exata é incompleta no lado lógico, pois não levam em consideração os conceitos fundamentais de química”. A química contém conceitos construtivos que se prestam ao tratamento matemático: como Lei de Richter das proporções definidas; Lei de Dalton das proporções múltiplas e regra das fases de Gibbs; o átomo químico caracterizado pelo número atômico; A teoria dos radicais compostos. Para Cassirer um átomo químico é um conceito relacional.

Para Paneth (1931) [1962, 2003] o “Grundstoff” ou substância básica é “o material indestrutível presente em compostos e substâncias simples”, o “Stoffeinfacher” ou substância simples é “aquela forma de ocorrência em que uma substância isolada básica não combinada com qualquer outra aparece aos nossos sentidos”. “O conceito de substância básica, como tal, não contém em si qualquer idéia de atomismo”. Paneth estendeu a distinção de compostos básicos/simples para os radicais, de ordem superior (por exemplo,  $SO_3$ ,  $H_2O$ ), bem como formas de ocorrência de substâncias simples por causa de alotropia.

### FILOSOFIA E QUÍMICA NA TRADIÇÃO FRANCESA

A filosofia da química na França entre 1900-1960 não foi negligenciada. Por quê? Para Van Brakel (2012) é porque a história da ciência é necessária para a compreensão da ciência. Isso estava presente principalmente entre Duhem, Meyerson, Bachelard e outros. Meyerson escreve longamente sobre Hegel, Kant e Schelling, e também um longo trabalho sobre Perrin; conhece o trabalho de Whewell e Broad, etc. Critica Kant, pois “não pode haver ciência pura.” Para Meyerson, prata pura, gás ideal ou o cristal perfeito, assim como os entes matemáticos, são abstrações criadas pela teoria”. Para Bachelard (2009, p. 87),

*a metafísica só poderia ter uma noção possível de substância, porque o conceito elementar de fenômenos físicos era de conteúdo para estudar um sólido geométrico caracterizado por propriedades gerais. A metaquímica vai beneficiar-se pelo conhecimento químico de diversas actividades substanciais. Também irá beneficiar-se pelo facto de que as substâncias*

*químicas são os produtos verdadeiros da técnica, em vez de organismos encontrados na realidade.*

Gaston Bachelard foi fundador da epistemologia moderna, do racionalismo aplicado e do materialismo racional. Foi inicialmente professor de química em uma escola provincial francesa e tornou-se um filósofo com forte influência na França (notadamente em Michael Foucault e Georges Canguilhem). Apesar de iniciar em química, os trabalhos mais conhecidos de Bachelard são os que problematizam a partir da física, principalmente a partir dos desenvolvimentos da mecânica quântica, relatividade e as novas geometrias. Bachelard (2009), entretanto, escreve o livro o pluralismo coerente da química contemporânea inteiramente dedicado a filosofia química e o livro o materialismo racional (BACHELARD, 1990) é, quase inteiramente dedicado a problemas da filosofia da matéria, tendo a química como pano de fundo.

Neste livro, Bachelard (2009) define sua filosofia química como um pluralismo coerente. Primeiramente o pensamento químico oscila entre um pluralismo em uma mão e na outra a redução deste pluralismo. Segundo por um pensamento relacional, cada substância química refere a todas as outras. Conhecer uma substância química inclui conhecer como ela esta localizada entre outras substâncias e como ela está em relação a todas as reações que ela toma parte. Para Bachelard (2009) toda propriedade química é relacional. Uma terceira característica é uma multiplicidade de modelos, grupos de conceitos e princípios incompatíveis podem ser aplicados ao fenômeno.

Contudo estas contribuições pouco fizeram eco, tanto da química, como na filosofia. Por exemplo, o livro de Pierre Duhem que trata sobre química só foi traduzido para o inglês em 2002 e o livro de Bachelard que trata sobre química é menos citado e estudado. Recentemente Paul Needham tem-se destacado na construção de uma epistemologia para a química macroscópica utilizando-se da referência de Pierre Duhem que se utiliza do referencial aristotélico.

Na tradição associada a Mach e Duhem, o químico-filósofo Friedrich Wilhelm Ostwald tinha dois objetivos principais: entender o que é dado pela mente o que é dado pela experiência e mostrar que energia é o conceito mais geral das ciências da natureza. Isto implicaria na termodinâmica como a ciência mais básica, semelhantemente às aproximações de Pierre Duhem.

## **FILOSOFIA E QUÍMICA NO MATERIALISMO DIALÉTICO**

Outra literatura negligenciada foi a filosofia da química presente em autores de países comunistas. No período de 1949 a 1986 um número de publicações em filosofia da química, primariamente na Alemanha e Rússia, apareceu no leste europeu. Na república democrática alemã foram publicadas 24 teses de doutorado sobre a temática (SCHUMMER, 2006).

Dos 300 artigos em filosofia das ciências sociais e naturais que apareceram nos volumes 1–25 (1953– 1977) do *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, somente um pequeno número era de filosofia da química. Entretanto, o pequeno número de artigos neste periódico ainda era maior que o total de artigos em língua inglesa. O mesmo é verdadeiro quando comparado à língua russa e inglesa. O número de artigos em língua inglesa era comparado ao número de artigos publicados em periódicos de jornais da Romênia (VAN BRAKEL, 1999).

No contexto do materialismo dialético, livros de química eram publicados com “problemas filosóficos de química” e usados para o ensino em colégios técnicos. Tais livros eram prescrições de como comunicar química na perspectiva do materialismo dialético. Eles incluíam os últimos desenvolvimentos de discussões na literatura filosófica. Um típico formato destes livros era: filosofia e ciência natural; materialismo e dialética em química; problemas epistemológicos da química; visões filosóficas de cientistas (Ostwald e Mittasch foram discutidos na crítica contra o positivismo).

Uma forte razão para o interesse na filosofia da química, segundo Van Brakel (1999, 2000), era o forte vínculo que existia entre filosofia, educação e ciência nos currículos e, principalmente, ao legado de Hegel. Na obra dialética na natureza, Engels (1876/1976) utilizou muitos exemplos da química para ilustrar a dialética da quantidade e qualidade: tudo que existe na natureza consiste de matéria e energia; o desenvolvimento matéria-energia segue leis universais; conhecimento resulta de uma interação complexa entre humanos e o mundo externo (mas ambos, são feito da mesma matéria e energia).

Segundo Van Brakel (1999) este ponto de vista hegeliano parece muito com o ponto de vista da filosofia analítica atual que combina um materialismo não-reduutivo com uma teoria cognitiva da interação ou dinâmica, problema muito próximo dos estudados pela filosofia da química. Earley (2008) em recente artigo faz uma aproximação de como a filosofia da mente necessita da filosofia da química.

Neste contexto do materialismo dialético, um número de artigos relevantes em filosofia da química apareceu. Kedrov (1949, 1956) utiliza um tipo de mudança e distinguiu alguns níveis de mudanças: nuclear e física; elétrica (átomos); química (dentro das moléculas); física-molecular (como um líquido); geológica (minerais). A essência de cada nível é um novo formato de movimento que é encontrado na interação dos níveis inferiores. Opondo-se assim á algum nível de reducionismo. O tom da discussão de Kedrov é muito semelhante ao velho e

novo problema do emergentismo britânico discutido principalmente por Morgan e que se utiliza de muitos exemplos da química. O problema era, qual é a especificidade do movimento químico? Nas palavras de Engels (1976/1876) "a química é a ciência das mudanças qualitativas em corpos, os quais se situam em conformidade com mudanças na composição quantitativa". A química no leste europeu de 1949-1989 foi vista como um domínio protótipo que ilustra a dialética da quantidade e qualidade; já Hegel usou a "dialética" ácido/base como um de seus principais estudos de caso.

Temas químicos tiveram, no leste europeu, inclusive ressonância política. A teoria da ressonância apresenta um possível problema para o materialismo dialético no seguinte sentido. Como algo ("ressonância"), que não tem uma base material de uma determinada estrutura molecular pode ser a causa de tudo?

Em Moscou, duas conferências foram realizadas em 1950 e 1951 no Instituto de química orgânica da academia de ciências da URSS. A questão caiu em solo fértil, não tanto por causa dos princípios do materialismo dialético, mas porque não tinha havido disputas prioritárias desde 1863 sobre os criadores da teoria da estrutura química (Butlerov, Couper e Kekulé), em particular entre historiadores alemães e russos.

Quando Stalin morreu em 1953 a retórica desapareceu. Em novembro de 1961 Pauling deu uma palestra intitulada "A teoria da ressonância em química" no Instituto de química orgânica da academia de ciências de Moscou para uma platéia de cerca de 1.200 pessoas. A palestra foi traduzida e publicada em um jornal russo, e Pauling tornou-se o químico mais admirado do ocidente no bloco soviético.

## **FILOSOFIA DA QUÍMICA SEM FILÓSOFOS**

Antes de 1990, muitos artigos de químicos com interesse em filosofia foram publicados com temas da filosofia da química, cito apenas alguns. Por exemplo, Mittasch's (1948) refletiu sobre a noção de causalidade em química. Polanyi (1958) desafiou as metodologias racionalistas da ciência, chamando a atenção para os fatores sociais e o papel do conhecimento tácito e pessoal, claramente importante na comunicação e ensino da química. Paneth (1962), em um trabalho feito em isotopia, problematizou sobre a dualidade epistemológica do conceito de elemento utilizando o referencial Kantiano.

Caldin (1959, 1961) defendeu que o método popperiano falhava ao entender o papel dos experimentos no campo das ciências experimentais e da forma como os cientistas trabalham com as teorias. As teorias, as vezes até incompatíveis são usadas e não tem a função de testar teorias, mas de melhorá-las. Os experimentos não falsificam as hipóteses. A

experiência não é usada no mesmo sentido que a física e as leis e teorias em química não tem o mesmo sentido que na física.

Woolley (1978) argumentou que o conceito de estrutura química não pode ser deduzido da mecânica quântica, donde o programa reducionista falha na explicação química. Primas (1981, 1985) também dedicaram um livro inteiro sobre a questão do reducionismo, argumentando que a mecânica quântica não permite obter indicações sobre objetos químicos sem suposições empíricas e conceitos químicos importantes não podem ser deduzidos dela. O conceito de pureza química não é um conceito molecular. A teoria do calor não é reduzida à mecânica estatística. Temperatura não é um conceito molecular.

### **FILOSOFIA DA QUÍMICA NA FILOSOFIA DA CIÊNCIA**

Após 1960 a filosofia da ciência começa a inserir elementos da filosofia da química. Isto é resultado de virada historicista (Kuhn); virada experimental/instrumental (Latour, Hacking); virada material na história da ciência (Galison). De 1986-1993 artigos sobre filosofia da química começam a aparecer com alguma regularidade nas principais revistas. Até 1994 apareceram cerca de 40 estudos de caso químicos para "testar" posições da filosofia geral da ciência ("modelos" de Popper, Lakatos, Laudan, Hacking, Latour, etc). Químicos teóricos começam a refletir sobre moléculas e mecânica quântica (Woolley, Primas) e passaram a ter interesse na filosofia do processo, a fenomenologia e educação química.

Van Brakel (1999) divide em quatro etapas principais da integração de temáticas da filosofia da química na filosofia da ciência. Primeiramente com argumentos vindo da sociologia e antropologia da ciência. Na obra de Kuhn (1962) é citado Boyle, Dalton, Lavoisier e Priestley. Na obra estrutura das revoluções científicas, Kuhn (1962) toma a revolução química representada por Lavoisier como exemplo de sua teoria das estruturas das revoluções científicas.

Na obra de Bruno Latour (1987) *Ciência em ação* há mais referências a Crick, Mendeleev e Pasteur que a Einstein, Newton e Copérnico (e mais referências a engenheiros tais como Diesel e Reynolds que físicos). No trabalho *Method and Appraisal in the Physical Sciences* existem cinco estudos de caso: atomismo x termodinâmica; Young x Newton: oxigênio x flogisto; Einstein x Lorentz; rejeição da hipótese de Avogadro. Em segundo, Van Brakel coloca o interesse no lado experimental da ciência. Na obra *Representing and Intervening* (HACKIN, 1982) aparecem muitas discussões de Dalton, Davy e Lavoisier, bem como referências a Berzelius, Brønsted, Kekulé, Lewis, Pasteur, Prout, e Von Liebig.

Em terceiro o interesse no problema do reducionismo no contexto da unidade das ciências. Estudam-se principalmente os problemas da superveniência e a ênfase no micro redução mente/cérebro. Neste contexto a filosofia da química é completamente negligenciada e apesar da grande literatura sobre o tema da redução ou superveniência macro/micro-física, macro/micro genética, mente/cérebro, social/individual, moral/físico, estético/físico, existem poucas relações da química. Para Van Brakel (1999) as razões para tal é que o reducionismo era aceito como dado diante da influência de Paul Dirac, Heisenberg, Reichenbach e Jordan. Em quarto, e em menor escala, o problema o velho interesse na reconstrução lógica das teorias científicas.

Em quinto e mais recentemente, o interesse no contexto da descoberta nas ciências cognitivas. Aqui os estudos da história da química têm muita importância, particularmente a revolução química de Lavoisier e as sínteses químicas que é um ato eminentemente criativo. Vale salientar também o uso de exemplos químicos na obra de muitos filósofos, como por exemplo o uso da água nas obras de um grande número de filósofos como Putnam (1975), Chomsky (1976).

### **DÉCADA DE 1990: NASCIMENTO E INSTITUCIONALIZAÇÃO**

A década de 1990 é o aniversário da filosofia da química. Como visto acima, debates entre filosofia e química foram sempre presentes, sendo difícil pontuar, de forma mais sistemática, o ressurgimento. Considera-se que o artigo de Van Brakel & Vermeeren (1981) “on the philosophy of chemistry” é um dos primeiros a argumentar na direção da problemática que é desenvolvida posteriormente. Neste artigo o autor defende que a literatura sobre história da química traz poucas problematizações sobre filosofia da química. A historiografia da química, feita por químicos profissionais, contam os feitos, eventos e principais ícones de sua disciplina, sem preocupar-se com os seus fundamentos conceituais. Situação que só vem a mudar, segundo Bensaude-Vincent (2009) a partir dos anos 1980.

A partir da década de 1990 houve esforços de muitos países, particularmente da Alemanha, Itália e Holanda, bem como um apelo da indústria química para buscar relações com as humanidades com o objetivo de melhorar a imagem pública da química associada a desastres ambientais. Um grupo de químicos e filósofos inicia um debate sobre problemas conceituais da química marcando o estabelecimento social da filosofia da química no ano de 1994 (VAN BRAKEL, 1999).

Apesar de, em outubro de 1993 ter ocorrido o primeiro encontro de filosofia da química no Museu de ciências em Londres, sob a coordenação do HistoricalGroupofthe Royal

Society of Chemistry, com a participação do professor Eric Scerri (UCLA-USA), o ano de 1994 é considerado o marco de constituição da filosofia da química porque foram realizados encontros internacionais em Londres, Lague, Marbug e em Roma, (SCERRI, 1999; VAN BRAKEL, 1999). Na universidade de Karlsruhe, nos dias 16-17 de abril, ocorreu a conferência intitulada "Philosophy of Chemistry", do grupo alemão de Philosophy and Chemistry, coordenado e organizado pelo professor Joachim Schummer. Também em 1994 ocorreu uma sessão de filosofia da química que foi incluída no encontro bienal de filosofia da ciência da Philosophy of Science Association (PSA) em New Orleans, Louisiana (Hull, Forbes and Burian, 1994). Regularmente temas de filosofia da química passaram a constar no PSA.

Em 1997, a filosofia da química já era um campo disciplinar emergente com relativa expressão. Um marco importante para consolidação do campo e visibilidade da disciplina foi uma edição especial, dedicada à filosofia da química no volume 111, número 3, da revista *Synthese*, com a publicação de seis importantes artigos. No editorial, Scerri & McIntyre (1997) defendem que,

*o campo emergente da filosofia da química, negligenciada da filosofia da física e filosofia da biologia, esta aqui para colocar a filosofia de química em seu fundamento filosófico legítimo. Se não as fundas como uma área de pesquisa, então, pelo menos, para anunciar à comunidade filosófica que chegou e, portanto, para lançá-la como uma área legítima da investigação dentro da imaginação filosófica.*

O artigo de Ramsey (1997) intitulado "molecular shape, reduction, explanation and approximate concepts", discute o tema do reducionismo, central, transversal e controverso, em todo o debate da filosofia da química. O tema do reducionismo é, para alguns filósofos, o tema mais estabilizado do debate (Schummer, 2006). Será central na compreensão da marginalidade da química no século XX e na constituição da química como ciência autônoma. No resumo do artigo *the case for the philosophy of chemistry*, Scerri & McIntyre (1997), defendem que,

*A filosofia da química foi tristemente negligenciada pela maioria da literatura contemporânea na filosofia da ciência. Este artigo argumenta que essa negligência tem sido infeliz e que há muito a ser aprendido a partir de uma maior atenção filosófica para o conjunto dos problemas definidos pela filosofia de química. A contribuição potencial deste campo para temas tão atuais como a redução, as leis, a explicação, e superveniência é explorado, assim como possíveis aplicações de conhecimentos adquiridos pelo estudo como a filosofia da mente e a filosofia da ciência social.*

Neste artigo os autores defendem os temas do reducionismo, leis, teorias, superveniência como tópicos da filosofia da química. Ainda defendem que a filosofia da química pode contribuir com a filosofia da mente e filosofia social. Também foi apresentado uma bibliografia de filosofia da química e um artigo importante de Van Brakel (1997) intitulado “Chemistry as the science of the transformation of substances”. Este artigo demarca uma discussão e orientação teórica recorrente na filosofia da química. A química estuda primordialmente moléculas ou substâncias? Objetos macroscópicos ou microscópicos? Esta discussão é importante, por exemplo, quando se analisa a química pela prática, como uma ciência interventiva e de transformação de substâncias, o problema do reducionismo, central quando visto por viés internalista, deixa de ter centralidade.

Uma década depois, em 2007, a revista *Synthese* lançou outra edição especial intitulada *topics in philosophy of chemistry*. Seis artigos foram publicados. No artigo, “philosophy of chemistry: ten years after”, McIntyre (2007) faz um balanço do desenvolvimento da filosofia da química e defende que, já “não é mais válido dizer que a filosofia da química seja uma área negligenciada, nestes 10 anos muita coisa mudou”. Segundo o autor, “durante os últimos 10 anos a filosofia da química não apenas emergiu, ela prosperou”.

Em 2007 a filosofia da química já constava com dois jornais específicos, a revista *Hyle* e *Foundations of Chemistry*. A ISPC (International Society for the Philosophy of Chemistry), fundada em 1997 já constava com 145 membros de 28 países. Artigos de filosofia da química já constavam regularmente no programa bienal da *Philosophy of Science Association* (PSA). No ano de 2006, de acordo com Schummer (2006) já constava mais de 60 monografias e vários livros publicados. Em uma bibliografia compilada por Joachim Schummer e disponível na revista *Hyle* ([www.Hyle.org](http://www.Hyle.org)), constava 627 títulos de filosofia da química, desde 1991, dedicados especificamente à filosofia da química. Sobre química e humanidades, compilado por Sabrina Dittus e Mattias Mayer, 1262 títulos. E sobre filosofia da química na República Democrática Alemã (RDA) 262 títulos, compilado por Joachim Schummer.

Ou seja, mesmo como disciplina emergente, a filosofia da química já mostra ser um campo de difícil penetração e já muito produtiva, contudo ainda pouco sistemática. Já não é um campo para amadores (SCHUMMER, 2006). A literatura em filosofia da química rapidamente cresceu e incorporou uma linguagem especializada sobre variados temas específicos e com forte interação não somente com os problemas tradicionais da filosofia da ciência, mas também com a filosofia geral, filosofia social, tecnologia, filosofia da linguagem, semiótica, literatura. Isso dificulta a compreensão pelo público leigo bem como também exige um intenso trabalho em sua transposição para o contexto do ensino.

## ALGUMAS INFERÊNCIAS PARA A EDUCAÇÃO QUÍMICA

Esse texto explorou a relação entre filosofia e química. Pensamos que os problemas levantados têm muitas influências fundamentais para o sistema pedagógico da química. É sabido que todo currículo expressa, implícita ou explicitamente, uma filosofia. Para o bom exercício profissional, seja ele na pesquisa ou no ensino, faz-se necessário o esclarecimento dos principais problemas da prática e das práxis que direciona as decisões e escolhas diárias de objeto de pesquisa e de ensino. No ensino acresce a necessidade de seleção e organização do conhecimento. Um ensino bem fundamentado exige assim uma racionalização do discurso pedagógico em consonância com a epistemológica própria do campo. Objetivo agora possível com uma aproximação da filosofia da química. Entretanto, se a filosofia da química já é um campo consolidado, sua aproximação ao ensino apenas iniciar seus primeiros passos, objetivo, entretanto, urgente.

Outro problema relaciona com o consenso, diálogo e comunicação necessário entre os vários discursos no sistema pedagógico da química. A falta de esclarecimento sobre problemas de ordem filosófica ofusca esse diálogo. Por exemplo, enquanto 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 e algorítmico. A química que se ensina é distante da química que se pratica. A prática química é hegeliana, o ensino é kantiano. O currículo não tem uma orientação filosófica explícita, e, implicitamente é orientado por uma filosofia e pedagogia reducionista. Isso faz o sistema pedagógico da química transmitir tacitamente as especificidades epistemológicas. Há assim um trabalho primeiro de caracterizar a relação entre filosofia e química, objetivo a que pretendemos neste trabalho através de uma pesquisa bibliográfica junto a produção de filosofia da química.

Outro problema relaciona com as muitas ambiguidades, paradoxos e tensões. Por exemplo, é uma ciência central e insular. É a mais inteventiva e que menos discute seus princípios (SCHUMMER, 2006). Busca unificação na pluralidade: pluralismo e unificação (BACHELARD, 2007). Estuda processo com conceitos de estruturas (Weimar, 2004). Ordena-se por complexificação dos seus entes (BACHELARD, 2007). Problematisa sobre os paradoxos das classificações químicas como água é  $H_2O$  e água é gelo o que não implica uma identidade (SIMONIAN, 2005). Estes paradoxos, entretanto, não são problematizados no seu sistema de ensino.

Outro problema relaciona com a identidade da química. Ribeiro (2014) cartografa um pluralismo de identidade da química, o que, se não problematizada, esclarecida e racionalizada, gera uma confusão no sistema de pedagógica, pois, cada identidade orienta

uma forma de ensino. Outro problema fundante do sistema pedagógico do ensino é sobre os objetivos da química? Quais são? A definição dos objetivos é fundamental para organização curricular. A não problematização filosófica da química faz com os objetivos sejam implícitos, tácitos.

Esse debate pode propiciar a compreensão do modo de funcionamento do próprio ensino de química, ou uma filosofia apropriada do ensino de química, ou mesmo uma filosofia da educação química (Ribeiro, 2014). Outra implicação do debate é propiciar novas referências teóricas para a investigação em educação química. Por exemplo, a influência que os clássicos da filosofia tiveram no contexto da química, bem como epistemologias regionais presentes na química como a filosofia dos instrumentos, filosofia da classificação, filosofia de processos, filosofia do experimento. Entretanto, entendemos que esse debate ainda esta em seu início.

## CONCLUSÃO

Expusemos neste trabalho uma problematização histórica para a relação entre filosofia e química. Identificamos que a filosofia e química tiveram pouca relação no século XX. Marcado principalmente pela influência de Kant que considerava a Química uma arte sistemática, sem juízos *a priori*. Na década de 1990 a disciplina filosofia da química é constituída e é atualmente o campo disciplinar que mais cresce na filosofia da química. Outro marco importante nessa relação foi a influência de Paul Dirac que, apostando no programa de redução fisicalista, possibilita pensar a química como uma física aplicada, portanto, sem problemas filosóficos genuínos. Esse contexto exposto ainda é pouco apropriado pelos educadores químicos, entretanto, defendemos em outro trabalho (RIBEIRO, 2014) que esse debate pode se tornar um fundamento para investigações sobre o ensino da química.

**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, 365–378, 2009.
- BROAD, C. D. **The Mind and Its Place in Nature**. Routledge & Kegan, Londres, 1925.
- CALDIN, E. F. **The structure of Chemistry in relation to the philosophy of science**. London–new york: sheed& wards, 1961.
- CALDIN, E. F. Theories and the development of Chemistry. **The british journal for the philosophy of science**, Vol.10, pp. 209–222, 1959..
- DIRAC, P. A. M. Quantum mechanics of many-electron systems. **Proceedings of the royal society of London**, V.123, pp. 714-33, 1929.
- ENGELS, F. **A dialética da natureza**. Rio de Janeiro, Paz & Terra, 1976.
- 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, pp.45-68, 2012.
- KEDROV, B. M. Dalton's Atomic Theory and Its Philosophical Significance. *Philosophy and Phenomenological Research*, Vol. 9, pp. 644–662. Traduzido de **Bull. Acad. Sci. Hist. Phil. Series** 4(6): 487–504, 1947, 1949.
- KUHN, Thomas. **The structure of scientific revolutions**. 3rd ed. Chicago: the university of chicago press.1962/1996
- MCINTYRE, L. The Philosophy of Chemistry: Ten Years Later. **Synthese**, Vol. 155, n.3, pp.291 - 292.2007.
- MITTASCH, A. **Von der chemiezurphilosophie**. Ulm: ebner. 1948
- PANETH, F. A. The epistemological status of the concept of element. **British journal for the philosophy of science**, Vol. 13, n.1, pp. 144–60.1962
- PAULING, L. The Place of Chemistry in the Integration of the Sciences. **Main Currents**, Vol. 7, pp.108–11.1950
- POLANYI, M. **Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy**. The University of Chicago Press, Chicago, IL,1958.

- PRIMAS, H. Chemistry, quantummechanics and reductionism: perspectives. In: **theoretical chemistry**. Berlin–heidelberg–New York: springer.1981
- RAMSEY, J. L. Molecular Shape, Reduction, Explanation and Approximate Concepts. **Synthese**, Vol.111, pp.233-251,1997.
- REICHENBACH, H. **Experience and prediction: An analysis for the Foundations and the structure of knowledge**. Chicago. University of Chicago,1938.
- RIBEIRO, M. A. P. & COSTA PEREIRA, D. (2012). Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. *Science & Education*, online, first, 7 January.
- RIBEIRO, M.A.P. Integração da filosofia da química no currículo de formação inicial de professores de química. Contribuição para uma filosofia do ensino de química. Tese de doutorado. Universidade de Lisboa. 2014.
- RUTHENBERG, K. **Philosophing chemistry**. In: ISPC -International Society for the Philosophy of Chemistry - Summer symposium 2012, 07-10/08/2012. Leuven, Bélgica, 2012.
- SCERRI, E & McIntyre, L. The Case for Philosophy of Chemistry. **Synthese**, Vol. 111, pp. 213-232, 1997.
- SCERRI, E. On the nature of Chemistry. **Educación química**, Vol. 10, n.2, pp. 74–78, 1999.
- SCHUMMER, J. The chemical core of Chemistry: A conceptual approach. **Hyle, International Journal for Philosophy of Chemistry**, Vol. 4, n.1, pp.129–162, 1998.
- 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, pp. 19-39, 2006.
- VAN BRAKEL, J. & VERMEEREN, H.P.On the philosophy of Chemistry. **Philos. Res. Arch**, Vol.7, pp.501–552, 1981.
- VAN BRAKEL, J. **Chemistry as the science of the transformation of substances**. **Synthese**, Vol.111, n.3, pp.253–282, 1997.
- VAN BRAKEL, J. **On Pré-history of philosophy of Chemistry**. in: ISPC- International Society for the Philosophy of Chemistry - Summer symposium, 2012, 07-10/08/2012. Leuven, Bélgica, 2012.
- VAN BRAKEL, J. **On the neglect of the philosophy of Chemistry**. *Foundations of Chemistry*, Vol.1, pp.111–174, 1999.

VAN BRAKEL, J. **Philosophy of Chemistry. Between the manifest and the scientific image.** Leuven: Leuven University Press, 2000.

WOOLLEY, R.G. Must a molecule have a shape? **Journal of the american chemical society**, 100:1073–1078, 1978.

## RESUMO

Química e filosofia tiveram pouco diálogo durante o século XX. Esse trabalho investiga e organiza as principais relações entre estes dois campos de saber. Após a leitura de artigos da revista HYLE e FOUNDATIONS OF CHEMISTRY, bem como de alguns filósofos da química centrais nessa temática, como o trabalho de Van Brakel, organizamos nosso panorama nos seguintes tópicos. Van Brakel defende uma pré-história da filosofia da química: de 1789 a 1990, marcado principalmente pela influência do legado de Kant e sua reavaliação no *opus póstumos*, Kant considerava a Química como uma arte sistemática, sem juízos *a priori*. O anti-atomismo, principalmente de Ostwald e Dhuem também foi um capítulo dessa relação; no século XX Paul Dirac, especula sobre a possibilidade de completa redução da química à Física o que a destitui de problemas filosóficos genuínos; a química esteve presente na filosofia do emergentismo, no materialismo dialético e na tradição francesa. O século XX é caracterizado por Van Brakel por uma filosofia da química sem filósofos, ou seja, existem publicações assistemáticas de químicos com interesse em filosofia, por exemplo, Panet. A química começa a entrar na filosofia da ciência nos anos 60, principalmente com Tomas Khun; na década de 1990 é o nascimento da disciplina filosofia da química, um dos campos de maior crescimento na atualidade. No final, fazemos uma inferência desse debate para a Educação Química.

## RESUMEN

La química y la filosofía tuvieron poco diálogo durante el siglo XX. En este trabajo se investiga y organiza los principales vínculos entre estos dos campos del saber. Después de leer artículos de revistas y Foundations Hyle de la química, así como algunos filósofos de plantas químicas en este tema, como la obra de Van Brakel, organizamos nuestro punto de vista los siguientes temas. Van Brakel aboga por una prehistoria de la filosofía de la química: 1789-1990, marcada sobre todo por la influencia de la herencia de Kant y su revalorización en el Opus póstumo, Kant considera la química como una técnica sistemática, sin juicios *a priori*. El anti-atomismo, especialmente Ostwald y Dhuem era también un capítulo de esta relación; Paul Dirac en el siglo XX, se especula sobre la posibilidad de la reducción completa de la química a la física lo que priva a los auténticos problemas filosóficos; el producto químico está presente en la filosofía de emergentismo en el materialismo dialéctico y la tradición francesa. El siglo XX se caracteriza por Van Brakel por una filosofía sin filosofía de la química, es decir, no son publicaciones no sistemáticas de químicos con un interés en la filosofía, por ejemplo, Panet. La química comienza a entrar en la filosofía de la ciencia en los años 60, especialmente con Tomas Khun; en la década de 1990 es el nacimiento de la filosofía de la disciplina de la química, uno de los de mayor crecimiento en los campos actuales. Al final, hacemos una inferencia de que el debate para la enseñanza de la química.