

Jackson Gois  
Marcos Antonio Pinto Ribeiro  
(Orgs.)

# Filosofia da Química no Brasil



A Filosofia da Química tem uma trajetória muito curta, e mais curta ainda é a incorporação do seu ensino nos currículos escolares. Por isso, este livro é uma linha divisória no breve e recente caminho andado na América Latina. Seus organizadores conseguiram juntar três assuntos que poderíamos considerar imiscíveis: a resenha bibliográfica dos autores sobre as razões que os atraíram a este campo, seus interesses atuais na Filosofia da Química e finalmente propostas de como deve ser ensinada. Juntei-me aos relatos revendo o longo processo que permitiu identificar, vinte anos atrás, o que um pequeno grupo de químicos dedicados ao ensino e ao currículo de química denominou como posição dominante. Ou seja, como esse nome indica, a posição que prevalece praticamente em todo o mundo. Inseri aqui partes dos textos de alguns dos autores do presente trabalho para contextualizar a partir do Brasil as preocupações e respostas que ali demos. Finalmente, resumo e específico a enorme quantidade de material bibliográfico que se encontram nessas páginas, incorporando uma pequena lista de livros de Filosofia da Química. A leitura e a discussão dos oito capítulos que formam esse livro sem dúvida enriquecerão o trabalho acadêmico dos profissionais da química, docentes, investigadores e tomadores de decisões, identificando que somos iguais, porém também diferentes dos profissionais de outras áreas científicas. Faltam livros de Filosofia da Química escritos na América Latina e faltam também livros de Química escritos a partir da História e Filosofia da Química. Há um longo caminho a percorrer, e esse é o nosso caminho.

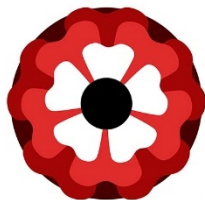
Programa de Pós-  
graduação em Filosofia  
Campus de Marília



Programa de  
Pós-Graduação  
Interinstituições em  
Ensino de Ciências



## **Filosofia da Química no Brasil**



# SÉRIE Processos Formativos

## Diretores da Série:

---

**Prof. Dr. Harryson Júnio Lessa Gonçalves**  
(Unesp/FEIS)

**Prof. Dr. Humberto Perinelli Neto**  
(Unesp/IBILCE)

## Comitê Editorial Científico:

---

**Prof. Dr. Adriano Vargas Freitas**  
Universidade Federal Fluminense (UFF)

**Prof. Dr. Alejandro Pimentia Betancur**  
Universidad de Antioquia (Colômbia)

**Prof. Dr. Alexandre Pacheco**  
Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

**Prof.ª Dr.ª Ana Clédina Rodrigues Gomes**  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

**Prof.ª Dr.ª Ana Lúcia Braz Dias**  
Central Michigan University (CMU/EUA)

**Prof.ª Dr.ª Ana Maria de Andrade Caldeira**  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

**Prof. Dr. Antonio Vicente Marafioti Garnica**  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

**Prof. Dr. Armando Traldj Júnior**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

**Prof. Dr. Daniel Fernando Johnson Mardones**  
Universidad de Chile (UCHile)

**Prof.ª Dr.ª Deise Aparecida Peralta**  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

**Prof. Dr. Eder Pires de Camargo**  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

**Prof. Dr. Elenilton Vieira Godoy**  
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

**Prof. Dr. Elison Paim**  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

**Prof. Dr. Fernando Seffner**  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

**Prof. Dr. George Gadanidis**  
Western University, Canadá

**Prof. Dr. Gilson Bispo de Jesus**  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Prof. Dr. João Ricardo Viola dos Santos**  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)

**Prof. Dr. José Eustáquio Romão**  
Universidade Nove de Julho e Instituto Paulo Freire (Uninove e IPF)

**Prof. Dr. José Messildo Viana Nunes**  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

**Prof. Dr. José Sávio Bicho de Oliveira**  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

**Prof. Dr. Klinger Teodoro Ciriaco**  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)

**Prof.ª Dr.ª Lucélia Tavares Guimarães**  
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

**Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Borba**  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

**Prof.ª Dr.ª Márcia Regina da Silva**  
Universidade de São Paulo (USP)

**Prof.ª Dr.ª Maria Altina Silva Ramos**  
Universidade do Minho, Portugal

**Prof.ª Dr.ª Maria Elizabeth Bianconcini de Almeida**  
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP)

**Prof.ª Dr.ª Olga Maria Pombo Martins**  
Universidade de Lisboa (Portugal)

**Prof. Dr. Paulo Gabriel Franco dos Santos**  
Universidade de Brasília (UnB)

**Prof. Dr. Ricardo Cantoral**  
Centro de Investigación e Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav, México)

**Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Paziani**  
Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

**Prof. Dr. Vlademir Marim**  
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

**Prof. Dr. Wagner Barbosa de Lima Palanch**  
Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL)

# Filosofia da Química no Brasil

**Organizadores:**

Jackson Gois

Marcos Antonio Pinto Ribeiro



**Diagramação:** Marcelo A. S. Alves

**Capa:** Carole Kümmecke - <https://www.behance.net/CaroleKummecke>

**O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.**



Todos os livros publicados pela Editora Fi estão sob os direitos da [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt\\_BR](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR)



Associação Brasileira de Editores Científicos

<http://www.abecbrasil.org.br>

Série Processos Formativos - 9

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

GOIS, Jackson; RIBEIRO, Marcos Antonio Pinto (Orgs.)

Filosofia da Química no Brasil [recurso eletrônico] / Jackson Gois; Marcos Antonio Pinto Ribeiro (Orgs.) -- Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2019.

208 p.

ISBN - 978-85-5696-706-0

Disponível em: <http://www.editorafi.org>

1. Filosofia da química; 2. Ciência; 3. Brasil; 4. História da ciência; 5. Filosofia da ciência; I. Título.

---

CDD: 100

Índices para catálogo sistemático:

1. Filosofia 100

# Sumário

<b>Prefácio</b> .....	9
José Antonio Chamizo	
<b>Apresentação</b> .....	21
Os Organizadores	
<b>1</b> .....	25
<b>Filosofia da química: o relato de uma experiência</b>	
Kleber Cecon	
<b>2</b> .....	43
<b>Filosofia com química, química com filosofia</b>	
Ronei Clécio Mocellin	
<b>3</b> .....	73
<b>Investigações em Filosofia, Química e Currículo</b>	
Marcos Antonio Pinto Ribeiro	
<b>4</b> .....	103
<b>Ernst Cassirer: da Filosofia da Química à Semiótica</b>	
Waldmir Nascimento de Araujo Neto	
<b>5</b> .....	123
<b>Uma aproximação pouco usual: a epistemologia de Jean Piaget e a Filosofia da Química</b>	
Marcelo Leandro Eichler	
<b>6</b> .....	143
<b>Minha pequena história com a Filosofia da Química no Brasil</b>	
Nelson Rui Ribas Bejarano	
<b>7</b> .....	167
<b>Aproximando filosofia da química, história da ciência e ensino de química: trajetória e perspectivas</b>	
Paulo Alves Porto	
<b>8</b> .....	191
<b>Uma trajetória na Representação Química e Significação</b>	
Jackson Gois	
<b>Índice Remissivo</b> .....	205





## Prefácio

*José Antonio Chamizo*

A Filosofia da Química tem uma trajetória muito curta, e mais curta ainda é a incorporação do seu ensino nos currículos escolares. Por isso, este livro é uma linha divisória no breve e recente caminho andado na América Latina. Seus organizadores conseguiram juntar três assuntos que poderíamos considerar imiscíveis: a resenha bibliográfica dos autores sobre as razões que os atraíram a este campo, seus interesses atuais na Filosofia da Química e finalmente propostas de como deve ser ensinada.

Juntei-me aos relatos revendo o longo processo que permitiu identificar, vinte anos atrás, o que um pequeno grupo de químicos dedicados ao ensino e ao currículo de química denominou como *posição dominante*. Ou seja, como esse nome indica, a posição que prevalece praticamente em todo o mundo. Inseri aqui partes dos textos de alguns dos autores do presente trabalho para contextualizar a partir do Brasil as preocupações e respostas que ali demos. Finalmente, resumo e especifico a enorme quantidade de material bibliográfico que se encontram nessas páginas, incorporando uma pequena lista de livros de Filosofia da Química.

Em 1991, durante a realização da 11ª Conferência Internacional de Educação Química em York, Inglaterra, como parte de um grupo de vinte e oito professores e investigadores de diversos lugares do mundo (lamentavelmente nenhum do Brasil) integrados a partir desse momento no denominado *Foro Internacional*, fomos convidados a participar no projeto *Conceptual Structure of School Chemistry* (CSSC), que estava ocorrendo na Universidade de Utrech na Holanda. A ideia fundamental

do projeto consistia em reconhecer se havia uma estrutura comum nos currículos de química nos diferentes países e, caso assim fosse, identificar suas origens. Depois da primeira reunião com todos os participantes, os responsáveis do projeto escreveram um documento com cerca de dez premissas agrupadas em três categorias sobre o ensino e a aprendizagem de química. São elas:

- Categoria substantiva. Conceitos, relações e técnicas químicas como, por exemplo, transformação química, aspectos de estrutura e ligação química, bem como noções de análises qualitativas e quantitativas. Porém, nesse livro se vai mais além; por exemplo, Waldmir de Araújo Neto, retomando Ernst Cassirer, aponta:

A química não se converteu em ciência exata somente através do refinamento constante de seus métodos de medida, mas fundamentalmente por meio do aperfeiçoamento de seus instrumentos intelectuais, isto é, através do caminho que teve de percorrer desde a simples fórmula química até a fórmula estrutural. Em termos muito gerais o valor científico de uma fórmula não só consiste em resumir situações empíricas dadas, mas em provocar de certo modo novas situações. A fórmula estabelece problemas de relações, conexões e séries que precedem a observação direta. É dessa forma que uma fórmula chega a ser um dos maíus mais importantes meios, ao qual Leibniz chamou de “lógica do descobrimento”, a logica inventionis.

Sobre esse mesmo tema, insiste de maneira categórica Jackson Gois, considerando esta e outras duas estruturas:

Isso nos leva de volta a questão central desse capítulo: qual a relação entre as representações químicas e a elaboração de significados? Para a Química, o Ensino de Ciências, a Filosofia da Ciência e a Filosofia da Química, a resposta para essa pergunta é: significa porque representa. O que muda, de uma área para outra, é o que está sendo representado pelas representações químicas: a matéria (na Química), as concepções do cientista (no Ensino e na Filosofia da Ciência) e uma concepção química (na Filosofia da Química). Nesse sentido, o fundamento do significado é, atualmente, representacional.

- Estrutura filosófica. Fundamentos e metodologia da química como, por exemplo, reducionismo, autonomia, realismo ou experimentação. Sobre este assunto, Marcelo Leandro Eichler indica:

Conforme Giuseppe Del Re, a física teórica tende a ignorar os níveis intermediários e tenta representar todos os sistemas como consistindo de partículas elementares, ou de quase-partículas. Ele trouxe dois argumentos em relação ao nível da complexidade. No primeiro, supõe que a coleção de todos os níveis situados abaixo do qual dada coisa aparece como uma unidade é essencial para uma completa descrição de sua realidade. No segundo, entende que, a cada nível diminuído, a informação atual em dado objeto é parcialmente latente e indeterminada. Portanto, ele argumentou contra o reducionismo ao compreender que a realidade dos níveis superiores não pode ser completamente predita, a menos que sejam conhecidos os processos pelos quais as suas partículas elementares são postas juntas e a natureza das propriedades emergentes. Na química, o autor contextualiza esses argumentos criticando o reducionismo para os modelos orbitais das propriedades dos materiais, da estrutura das substâncias químicas e de suas transformações.

- Estrutura pedagógica. Objetivos e aproximações no ensino e aprendizagem da química; por exemplo, a aprendizagem por descoberta ou a abordagem das concepções prévias. Assim, Paulo Alves Porto aponta:

De forma resumida, a análise dos dados mostrou que as características mais presentes nos discursos dos doutorandos a respeito da atividade química foram sua presença profissional no setor produtivo, a possibilidade de aplicações práticas, a existência de múltiplas interfaces com outras ciências e o desenvolvimento de novas formas de explicação para os fenômenos. Em relação às características do pensamento químico, os doutorandos manifestaram concepções realistas, valorização das evidências experimentais, e apontaram para o caráter qualitativo e relacional entre as entidades químicas, bem como para a utilização de múltiplos modelos. As entrevistas mostraram que o realismo químico, associado às entidades submicroscópicas, tem papel operacional para os químicos em suas práticas experimentais em laboratório. Esse realismo, que parece ser generalizado entre os químicos, é reforçado pelo sucesso nas sínteses de substâncias e materiais, pela consistência dos dados obtidos por meio de equipamentos de caracterização estrutural, e vem contribuindo para o desenvolvimento da

área. Entretanto, é preciso considerar que perspectivas realistas ingênuas, no contexto do ensino de química, podem resultar em concepções alternativas a respeito das entidades químicas, ou mesmo no desinteresse por essa ciência, em virtude da incompreensão a respeito do processo que conduziu à aceitação consensual da existência dessas entidades. Nesse sentido, entendemos estar diante de uma distinção entre o contexto de produção do conhecimento em química e o contexto de seu ensino, a qual requer a explicitação e a problematização de questões filosóficas a fim de enriquecer a formação dos professores de química.

O documento *Conceptual Structure of School Chemistry*, construído depois da revisão de dezenas de livros texto publicados nas décadas de 1960 a 1990 em vários países e idiomas, foi submetido à consideração de todo o grupo ao longo dos anos subsequentes. Baseados em nossa própria experiência, os integrantes do denominado *Foro Internacional*, comentamos e sugerimos correções deste primeiro documento, onde encontramos uma grande quantidade de discrepâncias. Meus conhecimentos sobre Filosofia da Ciência eram escassos, e se apoiavam em Kuhn, Easley e Bachelard, principalmente. Salvo o primeiro, todos os outros eram praticamente desconhecidos para o restante do grupo, e o que compartilhei foram em boa medida as ideias desses dois últimos autores.

Pouco a pouco ficou claro que as premissas originais eram a idealização sobre o currículo de química, construída a partir das ideias que os responsáveis do projeto tinham sobre o ensino e a aprendizagem em química, a partir da revisão de uma multidão de livros texto. É conveniente recordar o papel que os livros-texto têm na formação dos cientistas profissionais. Por exemplo, de acordo com Kuhn, que mais do que nenhum outro filósofo insistiu na importância da educação na conformação do que ele chama de “ciência normal” (KUHN, 1970, p. 214):

Porém, posto que os livros-texto são veículos pedagógicos para a perpetuação da ciência normal, sempre que mudem a linguagem, a estrutura dos

problemas, ou as normas da ciência normal, tem, integralmente ou em parte, que voltar a serem escritos.

A importância de Kuhn é manifestada também no presente livro, como indica Kleber Cecon, em sua aproximação à Filosofia da Química:

As coisas mudaram um pouco quando eu li, pela primeira vez, a obra *A estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn, que por sinal tive acesso devido a um trabalho de uma disciplina de licenciatura, que iniciei logo após o bacharelado. Ali percebi que os dogmas a que eu estava exposto tinham nome, eram os paradigmas. Nesta época em que eu já estava no mestrado em química tomei uma ousada decisão. Assim que defendi meu mestrado em química ambiental, acabei ingressando na graduação em filosofia.

Avaliando a importância dos livros-texto na transmissão da ciência normal, o mesmo Kuhn reconhece que não indicam como se construiu, nem como se constrói o conhecimento científico (KUHN, 1977, p. 210):

Depois de tudo, os livros-texto se escrevem tempos depois dos descobrimentos e dos procedimentos de confirmação cujos resultados registram. Ademais, se escrevem com propósitos pedagógicos. O objetivo de um livro-texto é o de dar ao leitor, da maneira mais fácil e econômica de assimilar, um enunciado do que a comunidade científica contemporânea acredita que sabe, assim como dos usos principais que se pode dar a esse conhecimento. A informação relativa à forma em que se adquiriu esse conhecimento – o descobrimento – e a razão de que tenha sido aceito pela profissão – confirmação – é, no melhor dos casos, um excesso de bagagem. Não obstante, incluir essa informação poderia aumentar os valores “humanistas” do texto e fomentar a educação de cientistas mais flexíveis e criativos, faria também que o texto se afastasse da facilidade de aprender a linguagem científica contemporânea. Até o fechamento, só o último objetivo foi tomado a sério pela maioria dos escritores de livros-texto de ciências naturais. Em consequência, ainda que os textos sirvam para que os filósofos descubram a estrutura lógica das teorias científicas terminadas, é provável que sirvam mais para confundir que para ajudar o neófito que reivindica métodos produtivos. Com a mesma esperança, poderia se buscar em um livro-texto sobre linguagem, de nível universitário, a caracterização

autorizada da literatura correspondente. Os textos sobre idiomas, como os textos científicos, ensinam a ler a literatura, porém não a criar ou avalia-la.

Assim, pouco a pouco, e também com resultado da discussão compartilhada através de cartas, já que todo esse processo foi antes do uso generalizado da internet, ficou claro que a química dos livros-texto não era necessariamente a química que praticamos como químicos profissionais, assunto que coincide com o exposto por Marcos Antonio Pinto Ribeiro:

Dessa forma, podemos formular duas asserções centrais. A primeira é que a difícil relação entre filosofia e química é responsável por parte dos problemas do sistema pedagógico da química. Sendo assim, a Filosofia da Química, ao explicitar campos de problemas característicos da epistemologia, ontologia e axiologia da Química, especificando os elementos característicos de sua práxis, pode e deve servir como um dos elementos fundantes das decisões curriculares e didáticas do ensino de química, contribuindo, assim, com uma gramática forte para o seu aparelho pedagógico, principalmente nos currículos de formação de professores. E a segunda é que, em função da ausência desse debate, no contexto do currículo e do ensino de química, os elementos da práxis química, discutidos pela filosofia da química, são transmitidos tacitamente, o que compromete todo o aparelho pedagógico da química. Ou seja, a química que se ensina não corresponde à química que se pratica.

A química dos livros-texto é a que se descreve de maneira idealizada nas premissas originais do *Conceptual Structure of School Chemistry*. Resultado do anterior e aceitando a descrição de Kuhn de ciência normal, se identificou com respeito ao currículo de química uma posição dominante, que como seu nome indica, é a que prevalece praticamente em todo o mundo e cuja posição substantiva-filosófica-pedagógica é: todo o currículo de química atual tem uma estrutura substantiva dominante baseada na teoria corpuscular, a qual é rigidamente combinada com uma estrutura filosófica específica, o positivismo, e uma estrutura pedagógica específica, a iniciação e preparação dos futuros químicos profissionais.

Reconhecer essa estreita posição dominante coincide com o dito pelo mesmo Kuhn (1971, p. 350-351):

A característica mais distintiva da educação científica é que, em uma extensão não compartilhada com nenhum outro campo criativo do saber, se transmite através dos livros-texto escritos especialmente para os estudantes. Cada livro que busca ser utilizado em um determinado curso compete, seja em profundidade ou em detalhes pedagógicos, porém praticamente nunca em estrutura conceitual... os livros-texto não abordam os problemas que os cientistas profissionais enfrentam ou a variedade de técnicas que a experiência lhes tem mostrado que são capazes de resolver. Em seu lugar, os livros-texto exibem uma coleção de problemas-solução que os cientistas profissionais aceitaram como paradigmáticos, pedindo-se aos alunos que, seja em lápis e papel ou no laboratório didático, os resolvam utilizando os métodos e/ou as substâncias que foram mostradas anteriormente em suas páginas.

A ciência normal privilegia o trabalho tecnicamente preciso e logicamente rigoroso, e é ao redor da qual se forma os docentes e alunos. Assim, se pode interpretar o currículo de química como educação científica normal com as seguintes características:

- A educação científica normal prepara os estudantes para fazer ciência normal.
- A educação científica normal é a forma dominante normal que se ensina as ciências em praticamente todos os níveis, o qual a torna paradigmática.
- A educação científica normal contém, de maneira implícita, normas a respeito da ciência, a filosofia e a pedagogia.

Uma característica importante do currículo paradigmático atual é a rígida relação existente entre as temáticas, as posturas filosóficas inerentes à química e a pedagogia, o que se manifesta na principal conclusão obtida do Foro Internacional, que deve ser entendida como um diagnóstico:

A educação química normal está isolada do sentido comum, da vida cotidiana, da sociedade, da história e filosofia da ciência, da tecnologia, da física escolar e da investigação química atual.

Dura e pessimista como é, reflete semelhanças com outras posições obtidas de diversas pesquisas em ensino. Como integrante do Foro Internacional considero que a discussão ali sustentada é de importância central para o desenvolvimento futuro dos planos de estudos em química, em qualquer nível de escolaridade. Apesar dos limites do grupo e do complexo processo de discussão, os acordos obtidos sobre os aspectos mais gerais permitem supor que, com as precauções devidas, o resultado é suficientemente provocador para ser ignorado.

Posteriormente um dos autores de *Conceptual of School Chemistry*, B. van Brakel, identificou o que chamou de condições para escapar da posição dominante do currículo de química, que são:

- Para escapar, se deve saber de onde se escapa. Isso requer uma análise ampla do que se está ensinando na atualidade ao redor dos aspectos filosóficos apresentados no livro.
- Para escapar, se deve saber do que se escapa. Com isso se quer dizer que é necessário se construir uma nova visão do currículo de química, no qual é particularmente importante a nível médio/superior, já que para a maioria dos estudantes será a última vez que terão uma aproximação formal com essa disciplina. Este assunto também é considerado no presente texto.
- Para escapar, se deve saber como escapar. Aqui o protagonista é o professor, e sobre sua formação há muito o que dizer, também algo a que se dedica esse texto.

Assim, nesse complexo caminho de crescimento acadêmico, as propostas de formação de professores fora do convencional que envolvam de maneira clara aos docentes são difíceis de se concretizar. Um caminho possível, que deverá ser provado para escapar, é o indicado com a investigação-ação e com a discussão específica de temas de Filosofia da Química, como indica Nelson Rui Ribas Bejarano:

Todos esses números especiais da revista *Hyle* poderiam ser um rico material (inicial) para a conformação de uma componente curricular de formação de professores de química (inicial e continuada, porque não?) e também para os bacharéis em química que também precisam se beneficiar



dessas reflexões. Afinal, a Filosofia da Química deve se remeter e interessar toda a comunidade de químicos, sejam químicos educadores ou bacharéis, sejam – especialmente – os professores formadores de professores de química da área da educação, sejam os professores formadores da área conhecida como da “área dura”.

Ou seja, seria ideal conseguir que os docentes de química, seja em nível médio ou superior, desenvolvessem o estilo químico de pensar e agir, o seu, nosso, próprio, como explica Ronei Clécio Mocellin:

A essa forma alternativa de experimentação Bensaude-Vincent chama de “estilo químico” de raciocinar, que seria um conceito capaz de reunir diferentes identidades cognitivas construídas pela química ao longo de sua história. Portanto, num sentido geral, a noção de estilo químico serve para delimitar um território de investigação autônomo, com métodos e objetos (materiais e conceituais) próprios e que demanda a seus praticantes uma maneira específica de trabalhar. Por exemplo, Kovac analisou esse raciocínio prático dos químicos através de exemplos corriqueiros de um laboratório, como a solubilidade e a reatividade. Segundo ele, os químicos desenvolveram um “modo prático” de raciocinar, que ao contrário de um “modo abstrato”, não começa por regras ou axiomas gerais, mas a partir da descrição detalhada de fatos de casos particulares submetidos a certas condições. Enquanto um “modo abstrato” partia de premissas universais, um “modo prático” era contingente a contextos particulares.

A leitura e a discussão dos oito capítulos que formam esse livro sem dúvida enriquecerão o trabalho acadêmico dos profissionais da química, docentes, investigadores e tomadores de decisões, identificando que somos iguais, porém também diferentes dos profissionais de outras áreas científicas. Faltam livros de Filosofia da Química escritos na América Latina e faltam também livros de Química escritos a partir da História e Filosofia da Química. Há um longo caminho a percorrer, e esse é o nosso caminho.

### **Bibliografia mínima de Filosofia da Química**

BACHELARD, G. **El materialismo racional**, Buenos Aires: Paidós, 1976.

BAIRD, D.; SCERRI, E.; MCINTYRE, I. (eds.). **Philosophy of Chemistry**: synthesis of a new discipline, Dordrecht: Springer, 2006.

BENSAUDE-VINCENT, B.; SIMON, J. **Chemistry**: the impure science. London: Imperial College Press, 2008.

BHUSHAN, N.; ROSENFELD, S. **Of Minds and Molecules**. In: New Philosophical Perspectives on Chemistry, Oxford: Oxford University Press, 2000.

CHAMIZO, J.A. (coord.). **Historia y Filosofía de la Química**. Aportes para su enseñanza, México: FQ-Siglo XXI, 2010.

EARLEY, J. E. (ed.). **Chemical Explanation**. Characteristics, Development Autonomy, New York: Annals of the New York Academy of Sciences, 2003.

JANICH, P.; PSARROS, N. **The Autonomy of Chemistry**, Würzburg: Königshausen & Newmann, 1998.

KLEIN, U. (ed.). **Tools and modes of representation in the laboratory sciences**, Dordrecht: Kluwer, 2001.

KUHN, T. **La tensión esencial**, México: Fondo de Cultura Económica, 1977.

KUHN, T.S. **La estructura de las revoluciones científicas**, México: Fondo de Cultura Económica, 1971.

LAZLO, P. **La parole des choses ou la language de la chimie**, Paris: Hermann, 1993.

LLORED, J.P. (ed.). **The Philosophy of Chemistry**. Practices, Methodologies and Concepts, Newcastle: Cambridge Scholars Publishers, 2013.

MAUSKOPF, S. H. **Chemical Sciences in the Modern World**, Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1993.

MATTHEWS, M. R. **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**, Springer, Dordrecht, 2014.

NEWMAN, W. R. **Atoms and alchemy: chemistry and the experimental origins of the scientific revolution**, Chicago: University of Chicago press, 2006.

NYE, M. J. **From chemical philosophy to theoretical chemistry**: dynamics of matter and dynamics of disciplines, 1800-1950, Berkeley: University of California press, 1993.

RUTHENBERG K.; VAN BRAKEL, J. **Stuff**. The Nature of Chemical Substances, Würzburg: Königshausen & Neumann, 2008.

SCERRI E.; MCINTYRE, L. (eds.). **Philosophy of Chemistry**. Growth of a New Discipline, Springer, Dordrecht, 2015.

VAN BRAKEL, J. **Philosophy of Chemistry**. Between the Manifest and the Scientific, Leuven: Leuven University Press, 2000.

WOODY, A.; Hendry, R.F., Needham, P. **Philosophy of Chemistry**, Amsterdam: Elsevier, 2012.



## **Apresentação**

### *Os Organizadores*

A Filosofia da Química é um campo disciplinar emergente em todo o mundo, institucionalizado somente a partir da década de 1990. Devido a essa recente organização, aproximações e propostas ao currículo do Ensino Superior em cursos que formam os diversos profissionais da Química são ainda pouco presentes. Nesta coletânea reunimos trabalhos do que consideramos serem os primeiros pesquisadores do Brasil a tratarem de temas próprios da Filosofia da Química, na intenção de evidenciar que esse tem sido um foco muito acentuado de parte de autores brasileiros.

Por ocasião do encontro anual do ISPC (International Society for the Philosophy of Chemistry) ocorrido em 2015 na UFRJ, sob organização de Waldmir Araújo Neto, encontramos muitos colegas com quem temos dialogado sobre temas da Filosofia da Química. Essas conversas já ocorriam anteriormente e continuam ocorrendo nas mais diversas situações em que nos encontramos ao realizar nossas atividades como docentes de universidades de nosso país, tais como grupos de pesquisa, congressos e comissões examinadoras.

Nesse congresso, de âmbito internacional, concordamos coletivamente sobre a necessidade de elaborar material que disponibilizasse para a comunidade de profissionais da química e estudantes os temas já trabalhados na pesquisa em Filosofia da Química em nosso país. Entendemos também que seria importante destacar as relações entre essas pesquisas e o ensino.

Em função da decisão que tomamos de descrever o início dessa área em nosso país por meio da descrição de nossas próprias trajetórias acadêmicas, os textos são apresentados em primeira pessoa, na intenção de mostrar as

diferentes e convergentes trajetórias que trilhamos até a Filosofia da Química. O leitor irá perceber que a convergência e o direcionamento se deram, em grande parte, na passagem por disciplinas de cursos de graduação em licenciatura em Química.

Coube a nós, organizadores, a tarefa de dar forma às propostas que nasceram naquele importante evento, assim como convidar outros colegas que não puderam comparecer, para compor conosco esse material. A partir da ideia inicial naquele encontro, os organizadores buscaram então contatar os pesquisadores de universidades públicas brasileiras que tinham temas da Filosofia da Química em seus projetos de pesquisa.

Como resultado desse processo, produzimos esse material com a certeza de criar um marco histórico para o início da Filosofia da Química no Brasil. Essa coletânea representa os esforços de indivíduos e instituições na direção de consolidar a pesquisa e o ensino de Química em nosso país. Quando pensamos nos fundamentos filosóficos próprios da Química, estamos procurando entender o papel destes pressupostos em suas diversas consequências epistemológicas, ontológicas, metodológicas, curriculares e institucionais. Em especial, nosso intuito é promover uma melhoria desse conhecimento filosófico no ensino superior em Química.

Chamamos a atenção para a diversidade de distribuição geográfica dos pesquisadores envolvidos (UFBA, UESB, UFPR, UFRGS, UFRJ, UNESP e USP). Isso mostra que as muitas instituições de nosso país têm apoiado a pesquisa em direção à Filosofia da Química. Com relação aos temas abordados em cada capítulo, Kleber Cecon, atualmente professor do Departamento de Filosofia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus de Marília, aborda sua trajetória acadêmica até a sua pesquisa de doutorado, focalizada na relação entre a filosofia mecânica e a alquimia nos trabalhos de Boyle. Seu texto visa servir como relato do surgimento da filosofia da química no Brasil de seu ponto de vista. A partir de suas experiências, ele procura refletir sobre o que seria, ou o que tem sido, uma "filosofia da química". Atualmente esse autor trabalha com a pesquisa em questões sobre teorias da matéria e a filosofia das ciências naturais.

O capítulo escrito por Ronei Clécio Mocellin, atualmente professor do Departamento de Filosofia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), descreve as contribuições de Guyton de Morveau, coautor com Lavoisier sobre a nova nomenclatura em Química e considerado o primeiro químico da França, na cultura química e formas de comunicação de sua época. O capítulo oferece uma ótima reflexão sobre o estilo químico de raciocinar.

Marcos Antonio Pinto Ribeiro, atualmente professor do Departamento de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), analisa no capítulo de sua autoria, a partir de sua tese de doutorado no tema, as relações entre Filosofia, Química e Currículo. Propõe uma agenda de problemas, principalmente domínios da práxis Química, estilos didáticos, epistemológicos e cognitivos e relaciona estes temas com objetos próprios da pedagogia Química, propondo um currículo crítico a partir da natureza da práxis Química.

O capítulo escrito por Waldmir de Araújo Neto, atualmente professor do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), descreve o papel da filosofia de Ernst Cassirer para a compreensão semiótica das representações químicas. A partir de uma crítica contundente sobre o racionalismo e da percepção da centralidade da ação humana, a linguagem passa a ser vista como espaço de produção de significados das representações químicas.

Marcelo Leandro Eichler, atualmente professor do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FURG) descreve em seu capítulo seu encontro com o tema da causalidade a partir da psicologia de Jean Piaget. A partir do tema da inter-relação entre as áreas de conhecimento desse psicólogo, com as áreas de conhecimento se organizando necessariamente de forma cíclica e linear, Marcelo procura descrever o provável estranhamento que um químico pode ter ao se deparar com a obra piagetiana, principalmente pelo fato de Piaget ter declarado que as leis da Física se aplicam à Química, o que resultaria numa redução por interdependência. Na defesa da Química com seus próprios fundamentos

filosóficos, Marcelo procura fazer uma reflexão sobre a própria ideia de redução em várias possibilidades.

O colega Nelson Rui Ribas Bejarano, atualmente professor do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA), descreve em seu capítulo sua necessidade de revisitar, por meio de outros referenciais teóricos, o estatuto epistemológico de sua ciência da natureza de referência, no caso, a Química. Em seu estágio de pós-doutoramento, reflete sobre diversos aspectos de concepções sobre realismo e redução a partir das contribuições de Nagel e Putnam. Esse autor descreve ricamente sua trajetória de percepção de aspectos gerais de uma Filosofia da Ciência para a percepção de aspectos específicos da Filosofia da Química, que não são tratados nas comunidades de Filosofia da Ciência.

O capítulo escrito por Paulo Alves Porto, atualmente professor do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP), nos traz sua trajetória em direção à História da Química e à semiótica de Charles Sanders Peirce. Sua pesquisa se concentra na aproximação entre a História e o Ensino de Química. Seu ponto de contato com a Filosofia da Química está justamente na pergunta sobre o que seria essa Química que tanto queremos ensinar. Nesse sentido, a História da Química fornece elementos para uma Filosofia da Química.

No capítulo escrito por Jackson Gois, atualmente professor no Departamento de Educação da Universidade Estadual Paulista (UNESP) campus São José do Rio Preto, encontramos seu relato sobre o papel que a filosofia de Ludwig Wittgenstein pode ter em uma compreensão processual sobre a elaboração de significados. Esse autor descreve os potenciais problemas que uma visão representacional de significado pode ter para o ensino de uma forma geral e na Química de maneira específica.



## **Filosofia da química: o relato de uma experiência**

*Kleber Cecon <sup>1</sup>*

### **Introdução**

A filosofia da química é uma área relativamente recente de estudo. Nos últimos anos um crescente interesse sobre ela tem sido despertado nos diversos membros da comunidade acadêmica que atuam na área da química, assim como da epistemologia e história das ciências naturais. Sua aparição, do ponto de vista de minhas experiências, ocorreu inicialmente como algo muito mais ligado aos profissionais da química, e não tanto aos da filosofia.

O surgimento desta área de estudo ocorreu através da conexão praticamente auto-organizada de membros das ciências naturais que possuíam interesses comuns ligados à química, mas não eram essencialmente questões químicas. Diversos membros com interesses na definição de química, por exemplo, não encontravam em seus laboratórios, ou em aulas teóricas sobre a estrutura e arranjo dos átomos e moléculas, um lugar para discutir temas como esse. Que dirá então, sobre a redutibilidade da química à física, afinal, que estudante de química nunca ouviu de um colega físico, nem que seja de brincadeira, a provocativa sentença: “A química é a física do elétron na camada de valência”.

---

<sup>1</sup> Professor de Filosofia das Ciências Naturais na graduação em Filosofia e associado ao programa de Pós-graduação em Filosofia da Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC) da Unesp de Marília.

A provocação de nossos colegas físicos que estudavam conosco inevitavelmente levava a discussões interessantes, mas que tinham seu lugar reservado na cantina, tomando um belo café da tarde, ou mesmo um singelo copo de cerveja à noite. Como essas discussões interessantes não tinham seu lugar no *mainstream* acadêmico, o que restou a elas foi adquirir seu lugar junto àquele mesmo nicho a que pertenciam às discussões de Sócrates no início da filosofia; nas refeições, nos momentos de lazer, nas conversas de corredor, nas festas, entre outros lugares fora do ambiente oficial. Geralmente essas discussões ocorriam em meio a público de críticos amigos. Ninguém se restringia a fazer objeções e comentários por não ser da área de “assuntos interdisciplinares de química”, pois a área simplesmente não existia. Logo, restrições de caráter de autoridade eram inexistentes. Quando alguma dessas questões era levada para o ambiente acadêmico oficial, geralmente era acompanhada de um sorriso amarelo, e uma adjetivação de que essa era uma interessante “conversa de cafezinho”. Isso queria dizer, entenda-se, que aquela discussão não tinha seu lugar ali.

Esta situação levou, com o passar do tempo, a uma sincronia entre as pessoas envolvidas com esse tema, pois com os avanços tecnológicos que estavam sendo desenvolvidos como redes sociais, grupos de e-mails, aplicativos de mensagens instantâneas, blogs, vlogs e todo tipo de facilitador tecnológico de comunicação, não demorou muito para que as pessoas que tinham esses interesses entrassem em contato entre si e, de repente, tiveram a ideia de promover esses assuntos a um *status* oficial e trazê-los para dentro da academia. É dentro desse panorama que apresento minha própria trajetória acadêmica como um exemplo particular desta situação.

### **Meu contato com a Química**

Uma estranha curiosidade a respeito do mundo em minha adolescência me levou a decidir fazer um curso superior em ciências puras. Aos dezessete anos ingressei no curso de química na Universidade Estadual de Campinas, no ano de 1996. Naquela época lembro-me

claramente que meu objetivo, ao fazer aquele curso, era responder a seguinte pergunta: “Do que o mundo é feito?”

Minha principal dúvida era essencialmente intelectual, e similar ao que moveu alguns dos pré-socráticos eleatas<sup>2</sup>. Lembro aqui que neste período ainda não existia filosofia no segundo grau, e que eu não tinha ideia do que isso tratava. Então acabei ingressando em um curso de uma ciência pura, tendo na verdade anseio por respostas a questões filosóficas. Isso não é tão incomum como pode parecer. Eu já tive contato com diversas pessoas que me informaram que ingressaram em cursos de física, matemática, biologia e química, quando, na verdade tinham interesses metafísicos, humanísticos e até mesmo místicos e/ou religiosos.

Ao longo do curso de química percebi que minhas dúvidas não eram respondidas, ou se eram, era de forma circular. A resposta de que o mundo era formado por átomos não ajudava muito, visto que quando perguntava o que compunha os átomos, irremediavelmente falavam de partículas subatômicas. Na minha cabeça, isso apenas dizia respeito à questão de se a matéria era contínua ou descontínua, ou sobre sua infinita ou não divisibilidade, mas não ao que era matéria efetivamente. Daí uma das minhas grandes questões do curso que nunca fora resolvida na graduação de química: “O que é a matéria?”

Claro que a resposta nunca surgiu, e nem poderia surgir, visto que não era em um curso de química que este tipo de questão era abordada. Nas disciplinas de física isso era ainda pior. Questões como: “Como é possível atração à distância de partículas com cargas elétricas contrárias?” ou “Como é possível uma onda, que por definição é a oscilação de um meio, propagar-se no vácuo, no caso da luz?” também

---

<sup>2</sup> Ver OS PRÉ-SOCRÁTICOS. São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores, v. 1). Alguns filósofos pré-socráticos têm como a base e início de seu pensamento filosófico exatamente na causa material do mundo. Tales, considerado historicamente o primeiro filósofo da tradição ocidental, afirmou que o que constituía o mundo, ou seja, seu princípio, era a água. Anaxímenes falou que era o ar. Heráclito defendia que o elemento de todas as coisas era o fogo, e Empédocles ainda adicionou a Terra aos elementos do mundo. A causa material do mundo talvez tenha sido a primeira preocupação filosófica da humanidade.

difícilmente adquiriam junto à comunidade de estudantes e professores qualquer relevância maior.

Inevitavelmente essas perguntas ou eram ignoradas, ou eram respondidas com uma equação matemática, que meramente representava a regularidade de um fenômeno, ou com um desenho que era apenas uma representação gráfica do mesmo fenômeno e nada me respondia. Lembro-me até hoje que em uma aula, ao questionar que Newton especificamente não chegou a explicar a causa gravidade, mas identificou o fenômeno e descreveu sua regularidade matematicamente, muitos colegas ficaram chocados e chegaram até mesmo a acreditar que eu estava menosprezando as contribuições de Newton, e que eu não deveria fazer tal coisa. Essa situação me chamou muito a atenção, visto que já conhecia na época o famoso trecho do *General Scholium* que consta a partir da segunda edição da obra *Philosophiae naturalis principia mathematica*, onde o próprio Newton claramente afirma<sup>3</sup>:

Porém, até o presente momento eu não fui capaz de descobrir a causa daquelas propriedades da gravidade através dos fenômenos, e eu não faço hipóteses, pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese, e hipóteses, sejam metafísicas ou físicas, sejam de qualidades ocultas ou mecânicas, não tem lugar dentro da filosofia experimental. Nesta filosofia proposições particulares são inferidas pelos fenômenos, e depois disso generalizadas por indução. Foi assim que a impenetrabilidade, a mobilidade, a força impulsiva dos corpos e as leis do movimento e da gravitação foram descobertas. Para nós é o suficiente que a gravidade realmente existe e age de acordo com as leis que nós explicamos, e serve muito bem para dar conta de todos os movimentos dos corpos celestiais e do nosso mar. (NEWTON, 1871, p. 530).

Era incrível que o Newton no imaginário de muitos colegas que estudassem sua física fosse tão distante do Newton real. Considerações externas a certos padrões das ciências puras eram não só tidos como não importantes, mas também desestimulados. Comecei a acreditar que

---

<sup>3</sup> NEWTON, I. *Principia*. Glasgow: James MacLehose Publ., 1871.

existia algo menos crítico e mais dogmático nas ciências do que eu supunha até então.

As coisas mudaram um pouco quando eu li, pela primeira vez, a obra *A estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn<sup>4</sup>, que por sinal tive acesso devido a um trabalho de uma disciplina de licenciatura, que iniciei logo após o bacharelado. Ali percebi que os dogmas a que eu estava exposto tinham nome, eram os paradigmas. Nesta época em que eu já estava no mestrado em química tomei uma ousada decisão. Assim que defendi meu mestrado em química ambiental, acabei ingressando na graduação em filosofia em 2003.

### **Filosofia e as múltiplas respostas que antes eram dadas**

No curso de química minhas questões não eram respondidas. O que na química foi nulo, dentro da filosofia foi o múltiplo. No curso de graduação em filosofia aconteceu exatamente o oposto, fui exposto a dezenas de respostas diferentes, todas igualmente possíveis, para minhas eternas questões. Fiquei muito feliz ao poder ver que aquelas questões não eram ridículas, que eram compreendidas e que foram levadas a sério por toda uma tradição milenar. Havia diversas respostas para as minhas indagações, mas nenhuma resposta definitiva era possível. Todo o questionamento e liberdade de princípios faziam com que cada sistema fosse defensável, blindado e isolado dos outros, todos perfeitamente possíveis e qualquer perspectiva de base comum ou progresso no mesmo molde das ciências naturais ficava, desta forma, comprometido.

Dentro do curso de filosofia trabalhei com algo que considerasse minha formação prévia em química. Procurei o então grupo de pesquisa em história da filosofia da natureza e iniciei uma pesquisa que tentava envolver química e filosofia. O resultado dessa pesquisa foi meu trabalho

---

<sup>4</sup> KUHN, T. *The structure of scientific revolutions*. 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

de conclusão de curso<sup>5</sup>, onde estudei uma obra do filósofo e alquimista Robert Boyle: *O Químico Cético*. O trabalho basicamente era focado nos argumentos de Boyle que desconstruíam a teoria dos quatro elementos de Aristóteles.

Depois de concluída a graduação e a licenciatura em filosofia, eu passei para o doutorado direto em filosofia em 2006. Na época, tive a ideia de estudar a origem da química a partir da alquimia, algo que demandou um doutorado sanduíche em Londres. Durante o período do sanduíche, descobri que a resposta para minha tese era muito mais complexa do que eu pensava, e não poderia, aliás, ter resposta direta visto que os termos “química” e “alquimia” eram usados como sinônimos pela maioria dos autores do século XVII estudados por mim, época em que supunha que a citada mudança da alquimia para química havia ocorrido. Aparentemente o que aconteceu é que a diferença atual entre química e alquimia decorreria mais devido a um erro etimológico do que qualquer outra coisa<sup>6</sup>. Por isso, acabei focando minha tese na relação entre a filosofia mecânica e a alquimia<sup>7</sup> nos trabalhos de Boyle, duas correntes que nem sempre andavam juntas. Por sinal, a química ou alquimia era uma das opções filosóficas que competia com outros sistemas filosóficos dentro da filosofia da natureza<sup>8</sup>, e parece ter sido inclusive uma das responsáveis pelo aspecto experimental da Revolução Científica<sup>9</sup>, tendo persistido muito depois dela.

---

<sup>5</sup> CECON, K. *Argumentos contrários aos elementos aristotélicos na obra 'O químico Cético' de Robert Boyle*. 2005. 104f. Monografia (Graduação em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

<sup>6</sup> NEWMAN, W. R.; *PRINCIPE*, L. M. Alchemy vs. Chemistry: etymological origins of a historiographic mistake. *Early Science and Medicine*, v. 3, n. 1, p. 32-65, 1998.

<sup>7</sup> CECON, K. *A Relação entre a filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle*. 2010. 160f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade de Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Posteriormente adaptada para o livro CECON, K. *A Relação entre a filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle*. Campinas: UNICAMP/Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2011. 182p. (Coleção CLE, v. 61). ISBN 978-85-86497-09-4

<sup>8</sup> GARBBER, D. Why the Scientific Revolution Wasn't a Scientific Revolution, and why it Matters. In: RICHARD, R. J.; DASTON L. (Eds.). *Kuhn's Structure of Scientific Revolutions at Fifty: reflections on a science classic*. Chicago: University of Chicago Press, 2016. p. 133 – 146.

<sup>9</sup> NEWMAN, W. R. *Atoms and alchemy: chymistry and the experimental origins of the scientific revolution*. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

A filosofia experimental baconiana certamente persistiu. Assim como a química (ou química, como alguns gostam de chamá-la), originalmente um programa competidor na filosofia da natureza e que persistiu juntamente com a física matematizada no estilo newtoniano. (GARBER, 2016, p. 142.).

Depois de concluir meu doutorado em 2010, fui convidado para ministrar uma disciplina de história da química na UNICAMP, coisa que me deu, por sinal, imensa satisfação. Nesta altura de minha formação, já era comum a união de temas de filosofia e química, e não via como algo tão destoante uma área de interação. É como se a história da química fosse um ponto de encontro para visões das teorias filosóficas acerca da constituição e comportamento da matéria. Não foi difícil montar um curso neste sentido, expondo as diferentes teorias da matéria na antiguidade, especialmente as aristotélicas, assim como sua assimilação no mundo medieval e posterior crítica na Revolução Científica do século XVII.

Já no ano de 2012 eu fora contratado para a vaga de professor assistente doutor para a disciplina de “filosofia das ciências naturais” no departamento de filosofia da UNESP de Marília. Desde então minhas pesquisas sempre foram voltadas para a questão das teorias da matéria e a filosofia das ciências naturais, como a física e como a química. No curso de pós-graduação minha disciplina é sobre filosofias da matéria.

Atualmente em 2017<sup>10</sup> realizo um pós-doutorado na Universidade de Princeton sobre sociedades científicas, como a *The Royal Society of London*, por exemplo, que realizavam experimentos químicos sistemáticos e controlados. Imaginar a química como um fenômeno emergente da atividade de uma sociedade científica poderia ser considerado como mais uma atividade da filosofia da química? Será que a filosofia da química também forma sociedades?

---

<sup>10</sup> Esse texto foi escrito e enviado em 2017 durante meu período de pós-doutorado

## International Society for the Philosophy of Chemistry - ISPC

Quando ouvi falar no termo “filosofia da química”, eu ainda estava na graduação em filosofia. Apenas quando já era docente da UNESP tive a oportunidade de conhecer uma sociedade de pesquisadores sobre o tema. No ano de 2013 recebi uma mensagem de grupo de e-mail de “filosofia da ciência” sobre um evento de “filosofia da química” que estavam divulgando. Achei muito interessante a possibilidade de participar do evento, que seria então organizado por um grupo que, descobri posteriormente, estava tendo destaque entre os estudiosos da história da química, que era a *International Society for the Philosophy of Chemistry* (ISPC). A sociedade foi oficialmente formada em 1997, mas existiam algumas reuniões do grupo sobre filosofia da química que já datavam desde 1994<sup>11</sup>. Atualmente essa sociedade conta com a presidência honorária de Rom Harré (*University of Oxford*), e no Comitê executivo nomes como Eric Scerri (*University of California*) e Brigitte Von Tiggelen (*Chemical Heritage Foundation*)<sup>12</sup>.

Desde 1997 a sociedade organiza encontros pelo mundo, onde os estudiosos de filosofia da química podem compartilhar e discutir os resultados de suas pesquisas uns com os outros. Foi em 2013 que tive a chance de participar de um desses eventos. Ele ocorreu em boa parte em Montevideú, no Uruguai. O evento na época chamava-se *SUMMER SYMPOSIUM 2013*<sup>13</sup>. O título me chamou especial atenção pelo fato do evento ter se realizado no inverno do hemisfério sul. Isso colaborou com uma ideia que eu já imaginava, o grupo havia começado com grande parte de seus integrantes do hemisfério norte, americanos e europeus. Com o passar do tempo, os latino-americanos passaram a ingressar no grupo de participantes desses eventos, e seu número não parou de aumentar. Isso é tão verdade, que na reunião do *Summer Symposium* de 2013, 16 de seus 32

---

<sup>11</sup> <https://sites.google.com/site/socphilchem/history>. Acesso em: 31 jan. 2017.

<sup>12</sup> <https://sites.google.com/site/socphilchem/organization>. Acesso em: 31 jan. 2017.

<sup>13</sup> <http://www.ispc2013.fq.edu.uy/>. Acesso em: 31 jan. 2017.



participantes oficiais já eram latino-americanos, ou seja, metade deles<sup>14</sup>. A reunião de 2015, por sinal, foi no Rio de Janeiro, Brasil. O crescente número de sul-americanos, e em especial de brasileiros com interesse em atividades ligadas à história e filosofia da química é algo digno de nota.

Na época desenvolvi um trabalho de história da química que era basicamente a explicação de um experimento químico descrito em um dos cadernos de laboratório<sup>15</sup> de Robert Boyle. Notei imediatamente a presença de alguns brasileiros para minha surpresa, e de outros colegas que conheci durante meu doutorado sanduíche, como é o caso de Hazok Chang. O número de pesquisadores não era tão grande no evento, e ali se concentravam quase todos os pesquisadores da área. Em uma das viagens do grupo, quando nos deslocamos de Montevidéu para Fray Bentos<sup>16</sup>, era uma piada corrente, verdade que um tanto mórbida, de que se acontecesse um acidente com o ônibus a área de filosofia da química seria imediatamente extinta.

Uma coisa que me chamou a atenção foi a variedade dos trabalhos apresentados. Alguns eram sobre história da química, alguns eram relacionados com ensino de química, outros sobre dados específicos da química em seu país, e finalmente alguns com temas mais ligados à epistemologia como, por exemplo, a questão da redutibilidade da química à física. A sociedade no fundo conseguia reunir todas aquelas pessoas que queriam falar sobre a química, mas não sobre química<sup>17</sup>. Todas as pessoas que queriam explorar aspectos humanos, sociais, pedagógicos e epistemológicos daquela ciência. Coisas que não tinham lugar dentro da química, mas que atraíam o interesse de muitos químicos. Dado o crescente interesse de diversas pessoas nesses tópicos, o surgimento desta sociedade seria apenas uma questão de tempo.

---

<sup>14</sup> <http://www.ispc2013.fq.edu.uy/imagenes/email.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2017.

<sup>15</sup> BOYLE, R. *Workdiaries*. Edited by Michael Hunter. London: University of London, Centre for Editing Lives and Letters, 1997-2001. Disponível em: <<http://www.livesandletters.ac.uk/wd/index.html>>.

<sup>16</sup> O deslocamento ocorreu para uma curiosa visita a uma fábrica de carnes, LEMCO, que estava no programa do evento em questão.

<sup>17</sup> Ou seja, um estudo em que a ciência química é tida como objeto de análise, e não analisar temas específicos da ciência química.

A ISPC lançou um periódico especializado oficial da sociedade, que é o *Foundations of Chemistry*, disponível desde 1999, fator de impacto 0,811 e que conta com 18 volumes e 423 artigos<sup>18</sup>, sobre os mais diversos temas como; linguagem da química, modelos químicos, evolução química, aspectos éticos e sociais da química, modelagem e instrumentação, a natureza das explicações nas ciências químicas, alquimia, química medieval e antiga entre outros temas<sup>19</sup>.

### **O termo “Filosofia da Química” – Primeiras impressões e análise**

A primeira vez que ouvi o termo “filosofia da química”, ainda no início de minha graduação em filosofia, confesso que fiquei um tanto reticente. Na época eu ainda então pensava “seria possível a filosofia desta ou daquela coisa?”. Pensava então ainda a filosofia como um *modus operandi* para resolução de problemas conceituais complexos dentro de um determinado sistema estabelecido. Como a química não é um sistema filosófico, não conseguia entender muito bem o que este termo “filosofia da química” implicava. Porém, com o tempo, passei a analisar a questão com mais cuidado.

Poderia a filosofia ser aplicável a qualquer coisa? Obviamente que tal abordagem jamais poderia ser aplicada a um objeto particular, como é o caso de uma beterraba específica, por exemplo. A beterraba, sendo única, não poderia ser avaliada pela filosofia, como a arte seguramente o faz, visto que ela (arte) consegue usufruir de particulares. Já o conceito de beterraba, esse sim seria passível de alguma análise intelectual, afinal, o conceito já pode ser trabalhado pela mente. Porém, seria muito embaraçoso fazer tal “filosofia da beterraba”, visto que este conceito jamais me permitiria realizar considerações, relações e silogismos de qualquer relevância para quem quer que fosse. Quando o conceito em questão é, porém, uma área de estudo das ciências naturais, a coisa muda

---

<sup>18</sup> <http://link.springer.com/journal/10698>. Acesso em: 31 jan. 2017.

<sup>19</sup> <https://sites.google.com/site/socphilchem/publications>. Acesso em: 31 jan. 2017.

um pouco de configuração. Uma ciência experimental natural é constituída por diversos elementos, entre eles: paradigmas, uma sociedade científica, jornais especializados, geração de teorias e hipóteses, debates, centros de excelência e ensino, núcleos para desenvolvimento e reprodução de experimentos controlados etc. Toda esta vasta riqueza parece permitir que seja possível tal abordagem filosófica.

Mesmo o mais radical dos puristas ortodoxos do termo “filosofia” (aqueles que não permitem a atribuição do termo “filosofia” a quase nada novo, com medo que em breve tenhamos coisas como a “filosofia do pé-de-pato” ou algo do gênero) não poderia deixar de aceitar que existe uma “filosofia da ciência”, pois esta já ganhou seu espaço dentro da história da filosofia e da tradição filosófica em termos relativamente recentes. Que dirá de outras aventuras como o surgimento da “filosofia política”, “filosofia da linguagem” e até mesmo da “filosofia da mente”, todos estes citados já como parte obrigatória dos currículos de filosofia no ensino superior do Brasil<sup>20</sup>. Como então achar tão esquisito o termo “filosofia da química”, quando já existe uma “filosofia das ciências naturais”? De que tipo de problemas nós estamos falando quando falamos sobre filosofia da química? Seria a filosofia da química apenas uma parte específica da filosofia das ciências naturais?

## Filosofia da Ciência e Filosofia da Química

Curiosamente a filosofia da química é algo mais ligado à química do que à filosofia<sup>21</sup>. Dentro da filosofia da ciência o paradigma das ciências físicas há algumas décadas imperava soberano tanto como exemplo, como carro chefe das discussões acerca da natureza da ciência<sup>22</sup>. Poderia ser o

---

<sup>20</sup> Veja na página 4 do seguinte documento: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CESo492.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2017.

<sup>21</sup> O que quero dizer com isso é que os pesquisadores da chamada área de filosofia da química são, majoritariamente, químicos e não filósofos.

<sup>22</sup> DEBUS, A. G. Chemists, physicians, and changing perspectives on the scientific revolution. *Isis*, v. 89, n. 1, p. 66-81, Mar. 1998.

caso de que a filosofia da química possa ser uma parte específica da filosofia da ciência? Qual seria um típico problema da filosofia da ciência?

Apenas para citar um típico problema da filosofia da ciência, peguemos aqui o caso do problema da demarcação, definido pelo filósofo Imre Lakatos<sup>23</sup>:

O problema da demarcação pode ser formulado nos seguintes termos: O que distingue ciência de pseudo-ciência? Isso é uma forma extrema de colocar a coisa, visto que o problema geral, chamado de Problema Generalizado da Demarcação, é na verdade um problema que concerne às teorias científicas, e tenta responder a questão: Quando uma teoria é melhor do que a outra? (LAKATOS, 1999, p. 20).

A indagação do que é ou não é científico, por exemplo, é um típico problema da filosofia da ciência. Isso claramente esbarra em profundas questões epistemológicas e tem sérias repercussões em toda sociedade, dado em parte pelo prestígio, poder e autoridade que o termo “científico” carrega consigo. Ora, neste caso, poderíamos nos perguntar se, *mutatis mutandis*, as questões como o que diferencia a química e alquimia, ou mesmo qual é a definição de química, seriam estritamente falando questões de filosofia da química. Questões de porque uma teoria química é melhor do que outra, ou mesmo porque uma é adotada pela comunidade em detrimento de outra (no caso em que ambas salvem igualmente os fenômenos, evidentemente) também parecem questões estritamente pertencentes à filosofia da química, por mera analogia. Sendo assim, um estudo sobre o que diferencia astrologia e astronomia poderia ser considerado como “filosofia da astronomia”. Então na verdade o que temos é sempre filosofia, porém, quando abordando questões particulares de determinada área, ela parece admitir seu específico denominador.

---

<sup>23</sup> LAKATOS, I. Lectures on scientific method. In: MOTTERLINI, M. (Ed.). *For and Against Method*. Chicago: University of Chicago Press. 1999.

Sendo assim, acredito que é possível estabelecer então critérios para uma espécie de filosofia da química *stricto sensu*, e *lato sensu* para demais áreas coligadas. Afinal, em questões como a diferença entre química e alquimia, como excluir o estudo de áreas como a história da química? Seria impossível imaginar alguém estudando a história da química, para que captando o movimento histórico desta ciência, tente extrair sua essência e encontrar uma definição? Logo, parece claro o motivo pelo qual a filosofia da química e a história da química parecem guardar tantas relações. O que mais uma vez não seria inédito. Seria apenas o caso de ver a mesmíssima relação, algumas vezes amigável e outras vezes tensa, entre a filosofia da ciência e história da ciência. Certa vez Kant se pronunciou sobre esta relação e muitos filósofos da ciência, como Imre Lakatos, assumiram a sentença de Kant como uma diretriz em seus trabalhos<sup>24</sup>:

A Filosofia da ciência sem história da ciência é vazia, a História da ciência sem filosofia da ciência é cega. Inspirando-se nesta paráfrase da famosa frase de Kant, o presente trabalho tenta explicar de que modo a história da ciência deveria aprender com a filosofia da ciência e vice-versa [...] A filosofia da ciência proporciona metodologias normativas com cujos termos o historiador reconstrói a “história interna” e proporciona, deste modo, uma explicação racional do desenvolvimento do conhecimento objectivo [...] duas metodologias rivais podem ser avaliadas com a ajuda da história [...] qualquer reconstrução racional da história necessita ser completada por uma “história externa” empírica [...] (LAKATOS *apud* ANDRE, 1996, p. 317).

Ainda também, em sentido estrito, poderíamos considerar efetivas questões epistemológicas que apenas consideram exemplos oriundos da química. A estas questões incluo aqui algumas como: “Seria a química, teoricamente, redutível à física?”. A questão da redutibilidade da química à física é recorrente em trabalhos da ISPC em seus encontros anuais e parece ser um dos grandes debates dentro desta sociedade. Os

---

<sup>24</sup> LAKATOS, I. História de la ciencia y sus reconstrucciones racionales. Madrid: Tecnos, 1987, p. 11-12 *apud* ANDRE, J. M. Da História da ciência à filosofia da ciência: elementos para um modelo ecológico do progresso científico. *Revista Filosófica de Coimbra*, n. 10, p. 315-359, 1996.

reducionistas e fisicalistas parecem entrar em desacordo com os não-fisicalistas ou adeptos de uma filosofia da emergência. Toda essa questão também poderia ser classificada como uma atividade de filosofia da química *stricto sensu*.

Parece que questões de história da química podem não ser consideradas como filosofia da química de forma estrita, mas podem em um sentido *lato*, enquanto uma atividade auxiliar que pode ser necessária ou complementar à atividade principal. Da mesma maneira outras atividades como ensino de química, políticas científicas e tecnológicas, situações específicas da química em determinadas regiões, entre outras questões, são adendos que não são estritamente filosofia da química, mas podem prover informações relevantes para seu desenvolvimento. Não é por acaso que todas essas questões aparecem juntas em eventos de “filosofia da química”.

Dado tudo que foi apresentado, podemos talvez inferir por minhas modestas considerações e exposição que filosofia da química, estritamente falando, poderia ser a aplicação do *modus operandi* filosófico para analisar problemas envolvendo conceitos específicos dentro de um sistema que pertence às ciências químicas. Essa definição, ainda que fraca e talvez insuficiente, parece ser à primeira vista o que a define para mim no presente momento. Todas as atividades auxiliares desta análise podem ser consideradas como uma espécie de filosofia da química *lato sensu*.

## **Conclusão**

Acho que podemos inferir que, assim como eu, diversos alunos que procuram cursos de ciências puras estão no fundo procurando algo cujos princípios podem estar mais distantes do curso que eles escolheram do que imaginam. Talvez com a presença da disciplina de filosofia no ensino médio, essa probabilidade tenha diminuído. Mesmo assim, muitos alunos que ingressam em ciências puras acabam ingressando posteriormente em

cursos de filosofia, e geralmente acabam enveredando para a filosofia da ciência. Os pesquisadores com este perfil que permaneceram na química acabaram formando uma massa crítica em quantidade suficiente para estabelecer um processo para trazer as discussões de humanidades ligadas à química para dentro da academia. Uma parte deste processo foi a criação da ISPC que, por sinal, apesar de ter sido criada por pesquisadores europeus e americanos, possui um grande e crescente número de trabalhos apresentados por pesquisadores latinos, indicando uma ascendente tendência desta área em vários países da América Latina, inclusive no Brasil.

Com relação à filosofia da química, realmente parece que podemos fazer uma associação entre os temas de filosofia da ciência e com esse paralelo tomar como não absurda a existência de uma área como filosofia da química, de forma estrita, assim como podemos tomar uma série diversa e variada de assuntos que gravitam pelo tema que podem ser tomados como uma espécie de filosofia da química *lato sensu*. Acredito que esta agregação de assuntos não deva ser vista como algo ruim, mas sim como um cinturão de conhecimentos que podem auxiliar a filosofia da química em seu sentido estrito. Além disso, a riqueza e pluralidade desses temas podem vir a ser mais um elemento enriquecedor desta área que, apesar de ser ainda muito pequena, guia a vida e a biografia de muitos corações pelo mundo.

## Referências

- ANDRE, J. M. Da História da ciência à filosofia da ciência: elementos para um modelo ecológico do progresso científico. **Revista Filosófica de Coimbra**, n. 10, p. 315-359, 1996.
- BOYLE, R. **Workdiaries**. Edited by Michael Hunter. London: University of London, Centre for Editing Lives and Letters, 1997-2001. Disponível em: <<http://www.livesandletters.ac.uk/wd/index.html> >.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES 492/2001**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CESo492.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

CECON, K. **Argumentos contrários aos elementos aristotélicos na obra 'O químico Cético' de Robert Boyle**. 2005. 104f. Monografia (Graduação em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

CECON, K. **A Relação entre a filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle**. 160f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CECON, K. **A Relação entre a filosofia mecânica e os experimentos alquímicos de Robert Boyle**. Campinas: UNICAMP/Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2011. 182p. (Coleção CLE, v. 61). ISBN 978-85-86497-09-4

DEBUS, A. G. Chemists, Physicians, and changing perspectives on the scientific revolution. *Isis*, v. 89, n. 1, p. 66-81, Mar. 1998.

**FOUNDATIONS of Chemistry**. Disponível em: <<http://link.springer.com/journal/10698>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

GARBER, D. Why the Scientific Revolution Wasn't a Scientific Revolution, and why it Matters. In: RICHARD, R. J.; DASTON L. (Eds.). **Kuhn's Structure of Scientific Revolutions at Fifty: reflections on a science classic**. Chicago: University of Chicago Press, 2016. p. 133 – 146.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. **History**. Disponível em: < <https://sites.google.com/site/socphilchem/history> >. Acesso em: 31 jan. 2017.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. **Organization**. Disponível em: < <https://sites.google.com/site/socphilchem/organization>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. **Summer Symposium 2013**. Disponível em: < <http://www.ispc2013.fq.edu.uy> >. Acesso em: 31 jan. 2017.



INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. **Participants of the Summer Symposium 2013 ISPC.** Disponível em: <<http://www.ispc2013.fq.edu.uy/imagenes/email.pdf> >. Acesso em: 31 jan. 2017.

INTERNATIONAL SOCIETY FOR THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. **Publications.** Disponível em: < <https://sites.google.com/site/socphilchem/publications> >. Acesso em: 31 jan. 2017.

KUHN, T. **The structure of scientific revolutions.** 2. ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

MOTTERLINI, M. (Ed.). **For and Against Method.** Chicago: University of Chicago Press. 1999.

NEWMAN, W. R. **Atoms and alchemy:** chymistry and the experimental origins of the scientific revolution. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

NEWMAN, W. R.; PRINCIPE, L. M. Alchemy vs. Chemistry: etymological origins of a historiographic mistake. **Early Science and Medicine**, v. 3, n. 1, p. 32-65, 1998.

NEWTON, I. **Principia.** Reprinted for William Thomson and Hugh Blackburn. Glasgow: James MacLehose Publ., 1871. Reimpressão da 3. ed. de Philosophiae naturalis principia mathematica, publicada em 1726.

ROSSI, P. **The Birth of Modern Science.** Translated by Cynthia De Nardi Ipsen. Oxford: Blackwell, 2001.

**Pré-Socráticos.** São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores, v 1).



## Filosofia com química, química com filosofia

*Ronei Clécio Mocellin*<sup>1</sup>

Qual o interesse da história e da filosofia no estudo da química? Durante minha graduação em química nos anos 1990 na Universidade Federal do Paraná, essa era a pergunta comum que meus professores me faziam ao expor minha curiosidade por esses domínios. Para eles, estudar a história e as reflexões filosóficas engendradas pela química tinha pouco a contribuir na formação de futuros químicos. A primeira oportunidade de expressar meus interesses pela história e pela filosofia das ciências me foi oferecida por um lógico, Décio Krause, então professor do departamento de matemática. Krause, hoje atuando no departamento de filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina, foi meu orientador de Iniciação científica e essencial para que eu começasse a precisar e a definir melhor meus interesses de pesquisa. Mesmo eu não tendo talento e gosto pela pesquisa em lógica, Krause dispôs-se a orientar-me, recomendando o estudo de um autor que poderia aliar minha formação em química com meus interesses histórico-filosóficos, foi a descoberta de Gaston Bachelard.

No prefácio de seu livro *A filosofia do não – filosofia do novo espírito científico*, Bachelard apresentava seu programa de investigação filosófico para as “novas ciências” originadas a partir da segunda metade do século XIX, como as geometrias não euclidianas e a química de síntese, e do início do século XX, como as revoluções quântica e

---

<sup>1</sup> Departamento de Filosofia – Universidade Federal do Paraná, roneimocellin@ufpr.br

relativística. O não do título não significava negar ou condenar como “simples erro” o passado de uma ciência, mas o de apontar modos alternativos de pensar e de agir cientificamente ao longo de sua história, da superação dos obstáculos e das conseqüentes rupturas epistemológicas. Na primeira frase desse prefácio, Bachelard sustentava uma posição com a qual concordei de imediato, a de que “a utilização dos sistemas filosóficos em domínios afastados da sua origem espiritual é sempre uma operação delicada, muitas vezes uma operação falaciosa. Assim transplantados, os sistemas filosóficos tornam-se estéreis ou enganadores” (Bachelard, 1984, p. 3). Ou seja, estudar os aspectos filosóficos de uma ciência não consistia em aplicar o sistema deste ou daquele filósofo, mas o de partir da própria ciência a fim de compreender seus conceitos ontológicos, epistemológicos, metodológicos, éticos, enfim, sua natureza filosófica. Esta inversão também lançaria novas luzes sobre esses próprios sistemas filosóficos, pois muitas vezes os historiadores da filosofia desconheciam a importância de conceitos derivados da química na construção desses sistemas.

O prefácio também oferecia uma boa explicação para o fato de meus professores verem com certa desconfiança a combinação de uma ciência eminentemente experimental como a química com a filosofia, aparentemente tão distante das práticas de laboratório. Se por filosofia se entendesse um sistema externo sobreposto ao conhecimento químico para dar-lhe fundamentação teórica, por certo, e seguindo uma longa tradição de combate por uma identidade epistêmica para sua ciência, a recusa de misturar química com filosofia era plenamente justificada. Mais ainda, essa desconfiança era reforçada na medida em que a química nem mesmo fazia parte dos debates entre filósofos da ciência profissionais, sobretudo aqueles mais estudados nos cursos de “filosofia da ciência” ofertados pelos departamentos de filosofia das universidades brasileiras. Geralmente, as ementas desses cursos eram estruturadas a partir das abordagens dos membros do Círculo de Viena, de Popper, de Hempel, ou de Quine, que priorizavam a linguagem da lógica, da

matemática e da física em seus casos de estudo, mesmo que considerassem a química como parte da ciência unificada. Assim, pareceu-me que o descaso da parte dos químicos com as questões de natureza filosófica não significava a inexistência das mesmas, mas que talvez ele fosse mais o resultado de suas próprias formações acadêmicas.

Ainda na graduação, comecei a trabalhar como professor no ensino médio. Esta atividade reforçava minha convicção de que o ensino de química deveria ser acompanhado por uma apropriação cultural do conhecimento químico. Sendo a ciência responsável pela produção e pelo estudo de materiais e de substâncias onipresentes na nossa vida cotidiana, considerava que uma “compreensão química do mundo” era fundamental para uma formação voltada à cidadania e à emancipação social e cultural. Pois, muitos desses artefatos tinham implicações societárias e ambientais tanto no presente quanto no futuro das sociedades e ambientes naturais. Contudo, raramente isso se traduziu em práticas pedagógicas conduzidas com método e propósitos precisos. Várias foram as razões do insucesso, mas talvez a causa principal tenha sido a própria organização do ensino médio brasileiro. Ao menos naquela época, focava-se mais na memorização do que na compreensão de conceitos e de ideias, além do que, infelizmente, o objetivo prioritário dos colégios era o de oferecer uma “formação” que capacitasse os estudantes a responder as provas dos vestibulares que davam acesso às universidades.

Em paralelo ao trabalho no magistério secundário, prossegui minha formação acadêmica iniciando um mestrado em filosofia na Universidade Federal de Santa Catarina, sob a direção de Luiz Henrique de Araújo Dutra. Estudar em Florianópolis também me ofereceu a possibilidade de dialogar e aprender muito com o historiador da química Juergen Heinrich Maar, sempre interessado em contribuir e em partilhar seu imenso conhecimento histórico. O projeto de pesquisa propunha investigar a análise feita por Thomas Kuhn da chamada “revolução química” realizada por Antoine de Lavoisier (1743-1794) (KUH, 1975).

Ela exemplificava como ele pretendia todos os elementos que compunham seu conceito de estrutura das revoluções científicas? O objetivo, contudo, não era o de corroborar as conclusões de Kuhn, mas, ao contrário, explicitar algumas razões para se investigar o trabalho de Lavoisier a partir de suas próprias referências históricas e filosóficas, no caso, aquelas dos químicos de sua época e a do filósofo Étienne Bonnot de Condillac (1714-1780). Outro objetivo era o de descentralizar a origem da química moderna, tanto da obra de Lavoisier quanto de seu período histórico, uma vez que alguns comentadores consideravam que a química somente tinha se tornado uma ciência dois séculos depois das grandes Revoluções científicas da modernidade.

Apoiados nas obras de Allen Debus e de Paolo Rossi sobre a química renascentista e a existência de uma filosofia química nela fundamentada, e nos conceitos historiográficos adotados por Bernadette Bensaude-Vincent e Isabelle Stengers em sua História da química, consideramos ser mais adequado compreender a emergência da ciência química como um processo histórico de longa duração, que se iniciava na Modernidade. Apontamos também que a estrutura conceitual proposta por Kuhn para explicar a chamada “revolução química” não se adequava aos textos originais e que a história da química não deveria apenas fornecer exemplos que corroborassem uma determinada teoria epistemológica. Também detectamos certo anacronismo da parte de Kuhn ao atribuir o mesmo significado da expressão “revolução científica” empregada por Lavoisier ao conceito epistemológico de revolução científica tal como descrito por ele próprio. Contudo, apesar de procurarmos nuançar certos conceitos empregados por Kuhn em sua explicação da trajetória de pesquisa de Lavoisier, concluímos que ainda era possível preservar um aspecto fundamental do conceito kuhniano de revolução científica, qual seja, o de que a química moderna se distinguia daquela praticada na época por uma profunda ruptura linguística (MOCELLIN, 2003).

Em 2005, graças a uma bolsa obtida junto a CAPES, comecei meu doutorado na Universidade de Paris X, sob a direção de Bernadette

Bensaude-Vincent. O projeto original propunha uma investigação da epistemologia condillaciana subjacente à nova teoria química de Lavoisier e de seu novo método de nomenclatura química. Logo o projeto mudou de objetivo, sobretudo pela abundância de trabalhos sobre Lavoisier em francês e em inglês, passando a focar sobre a trajetória intelectual de Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816). Químico, professor, industrial e homem de Estado, Guyton era, no entanto, considerado pela maioria dos historiadores como um ator secundário na química francesa do período, mesmo figurando com Lavoisier entre os autores do texto sobre a nova nomenclatura química, publicado em 1787. Além de secundário, Guyton servia de exemplo a essas historiografias acerca da resistência e mesmo da teimosia de químicos mais velhos na defesa da teoria do flogístico face à “nova química” de Lavoisier. Ele também seria um caso típico de uma “conversão paradigmática”, tal como a expressão é entendida por Kuhn, ou seja, como uma mudança gestáltica.

A partir de arquivos disponíveis nas bibliotecas de Paris e de Dijon, cidade natal de Guyton, foi possível descrever sua trajetória como químico e professor, bem como sua contribuição na divulgação da química e no desenvolvimento da indústria francesa. Com isso, propusemos outra imagem de Guyton, que julgamos mais próxima de seus próprios escritos e atitudes. Porém, o objetivo não era fazer justiça histórica à Guyton, mostrando as imprecisões e aproximações da parte de seus comentadores, mas aproveitar sua trajetória intelectual, social e política para compreender como se dava a capilarização da química e de seus produtos na sociedade da época. Esta investigação nos conduziu ao estudo da construção de uma imagem pública do conhecimento químico no século das Luzes, da articulação e da participação de múltiplos atores no crescente interesse social pela ciência química (MOCELLIN, 2011 [2009]).

Considerado por seus contemporâneos como “o primeiro químico” da França, Guyton era o principal articulador de uma “república de

químicos” europeus, que coletivamente consolidaram a existência social desta ciência na segunda metade do século XVIII. O resultado foi uma tentativa de mostrar que a chamada “revolução química” do final do século não era obra exclusiva nem dos químicos franceses, tampouco estava circunscrita às teorias do oxigênio e da composição de Lavoisier. Quanto à relação entre Guyton e Lavoisier, os arquivos nos mostravam que a melhor maneira de a descrever era como um processo de debates e de convergência de ideias que culminava com a publicação do Método de nomenclatura química, mas que isso não significava nem uma conversão paradigmática de Guyton, nem a adoção das mesmas ideias filosóficas sobre a linguagem científica. Não se tratava de desconstruir a imagem de Lavoisier como fundador da química moderna, o que vários outros historiadores já haviam feito, mas o de investigar a cultura química na qual eles estavam inseridos. Esta cultura, originadas nos laboratórios químicos, era constituída de atitudes práticas, de gestos, de teorias, de instrumentos, de produtos, de nomes, de representações simbólicas, de classificações, de manuais de ensino, de traduções, ou seja, de muitas maneiras de se “comunicar quimicamente”.

Outro resultado foi uma melhor compreensão do processo de construção de uma identidade ontológica, epistêmica, metodológica e pedagógica para a química ao longo do século das Luzes. Neste processo não apenas os químicos profissionais estavam envolvidos. Convém lembrar que, no século XVIII, ainda não existiam as separações disciplinares que organizarão a classificação das ciências no século seguinte, de maneira que existiam frutíferos diálogos entre diferentes saberes e práticas. O imenso projeto enciclopédico de Diderot e d’Alembert, no qual participaram quase duzentos colaboradores, é um excelente exemplo do ecletismo intelectual das Luzes. A maioria dos verbetes sobre a química na Enciclopédia era de autoria do médico-químico Gabriel-François Venel (1723-75). O verbete “Chymie”, publicado no terceiro volume (1753), constituía um verdadeiro manifesto pelo reconhecimento da originalidade cognitiva da ciência química face



às tentativas de reduzi-la a um caso particular de teorias físicas gerais, como aquelas de Descartes ou de Newton (LEHMAN, 2009). Este “manifesto químico” constituiu uma fonte privilegiada para se compreender as razões que tornavam a química um modelo para se filosofar.

### **Filosofia, história e química**

Essa imbricação entre conceitos químicos e filosóficos estava associada à outra que dizia respeito à forma de pensar a relação entre uma investigação histórica e uma reflexão filosofia sobre as ciências. Qual deveria ser a relação entre a história e a filosofia das ciências? Para Kuhn, por exemplo, ambas deveriam ser praticadas em momentos diferentes da investigação e em departamentos universitários distintos, mesmo que realizadas pelo mesmo pesquisador. Kuhn exerceu exemplarmente cada uma dessas funções, ora como historiador ora como filósofo (KUHN, 1989). Contudo, ao empregar exemplos históricos para justificar suas ideias filosóficas, parecia-me que Kuhn procedia de maneira ahistórica, pois o objetivo era o de corroborarem uma estrutura, semelhante àquelas empregadas na investigação antropológica por Claude Lévi-Strauss. Sem dúvida, no cenário da filosofia da ciência realizada nos países de língua inglesa, no qual a filosofia analítica originada do positivismo lógico era predominante, o uso da história por Kuhn constituiu uma inflexão importante, porém considerava que esse uso não constituía o que alguns comentadores chamavam de “giro histórico” em filosofia da ciência.

Isso porque eu estava de acordo com uma abordagem que não considerava narrativas históricas e filosóficas como necessariamente distintas. Adotando uma expressão usada por Bensaude-Vincent, considerava que investigar a cultura científica de um determinado período histórico significava realizar uma “filosofia de terreno”, que constituía numa descrição das relações entre conceitos (científicos, pedagógicos, econômicos, historiográficos, filosóficos) que emergiam num determinado

contexto histórico e social. Ou seja, interrogar os próprios atores e promotores dessa cultura a fim de descrevê-la estabelecendo os nexos, as convergências e as divergências que orientavam suas investigações. De fato, não separar a história da ciência de sua filosofia constitui uma característica marcante da chamada “epistemologia francesa”. A Enciclopédia de Diderot e d’Alembert servia de modelo a essa tradição, que ganhou contornos mais precisos no século seguinte com Auguste Comte e que, embora com nuances e divergências, continuará sendo assimilada por filósofos-historiadores (ou historiadores-filósofos) importantes do século XX, como Alexandre Koyré, Hélène Metzger, Bachelard, Georges Canguilhem, Gilbert Simondon, ou Michael Serres.

Concluída a tese, retornei ao Brasil no início de 2010. Naturalmente, a primeira grande dificuldade após um doutorado com bolsa é a de encontrar meios para sobreviver sem a bolsa. Embora em um período em que havia vários concursos nas universidades públicas, fruto de um processo de expansão do sistema universitário brasileiro, minha formação um pouco heterodoxa e interdisciplinar colocava certas dificuldades. Em qual departamento deveria prestar concursos? Nos de química e dedicar-me ao emprego da filosofia no desenvolvimento de práticas de ensino de química? Naqueles em que participei o júri, em geral, considerou, e com razão, que eu não era um “químico de verdade”, que eu seria incapaz, por exemplo, de lecionar uma disciplina como “química geral” para engenheiros. Mesmo tendo ficado em segundo lugar em um concurso promovido pelo departamento de química da UFSC, fiquei muito contente na ocasião por ter conhecido ótimas pessoas, sobretudo Roque Moraes e Maria do Carmo Galiazzi, professores da Universidade Federal do Rio Grande e membros da banca examinadora. Generosos e interessados no meu trabalho consolaram-me observando que futuramente eu poderia tentar uma vaga em sua universidade, pois havia a expectativa de abertura de concurso.

Nos de filosofia e ter que necessariamente expandir minha formação filosófica para além dos interesses próprios da química? Neste

caso, a dificuldade institucional consistia no fato de que alguns departamentos de filosofia exigiam graduação em filosofia, o que eu não tinha. Felizmente, nem todos procediam assim. Um destes era o departamento de filosofia da UFPR, no qual fui admitido como professor substituto, lecionando disciplinas em cursos externos, como os de biologia e de história. Esta experiência acadêmica sacramentou minha escolha institucional, meu interesse era o de atuar em um departamento de filosofia e de me dedicar à história e à filosofia da química sem o tólos da aplicação pedagógica, embora continuasse considerando essa aplicação fundamental para a melhoria do ensino de química.

Terminado o período de dois anos como professor substituto, eu comecei a realizar um pós-doutorado no departamento de filosofia da Universidade de São Paulo, agora com bolsa da FAPESP. Com a tutoria de Maurício de Carvalho Ramos, o projeto tinha por objetivo apontar as transgressões provocadas pela química entre o natural e o artificial, entre a natureza e a cultura, separações que somente se consolidaram com a emergência da filosofia moderna. Isto nos permitiu não apenas analisar os processos operatórios envolvidos na produção de sais naturais nas bancadas do laboratório químico do século XVIII, mas também olharmos para outros níveis de absorção dos artefatos aí criados. A partir disto, propusemos uma imagem da racionalidade das operações químicas, no qual procuramos focalizar com mais precisão as manipulações realizadas pelos químicos e a filosofia experimental a ela associada (RAMOS; MOCELLIN, 2015).

Em 2014, fui aprovado em um concurso para a cadeira de “filosofia da ciência” no departamento de filosofia da UFPR, onde atualmente trabalho. Responsável pela formação de futuros professores de filosofia, eu tenho organizado as disciplinas que leciono de modo que explicitem as originalidades de uma abordagem filosófica que tem a ciência, as técnicas e a tecnologia como centro de suas atenções. Além da aquisição de uma formação acerca das “filosofias da ciência” propostas por diferentes autores, outro objetivo almejado diz respeito ao papel que esses futuros

professores poderiam exercer no diálogo interdisciplinar, o que faria da filosofia no ensino médio não apenas uma disciplina sobre a “história da filosofia”, mas um rico terreno de articulação conceitual de conhecimentos aparentemente desconexos.

A estrutura curricular do Curso de filosofia da UFPR comporta cinco disciplinas de “filosofia da ciência”, uma como obrigatória e as demais como optativas, de modo que consideramos dedicar uma das optativas à filosofia da química. Como nossas disciplinas podem ser frequentadas por estudantes de outros cursos, o que vem ocorrendo, sobretudo, por alguns de engenharia, de física e também de química, considero que seria uma forma, ainda que modesta, de contribuir com a institucionalização da filosofia da química no Brasil. Pois, até o momento, a única ocasião em que pude oferecer um breve curso dedicado a questões filosóficas originadas da química não foi no Brasil, mas no Uruguai. Ainda no pós-doutorado, a convite de Lucía Lewowicz da Universidad de la República, eu ministrei seminários sobre a história de longa duração da relação entre a química, seus produtos, sua indústria e a opinião pública. A proposta também era a de articular essa história a uma noção mais ampla, àquela de progresso científico e social, presente nos discursos e nas utopias estruturantes da modernidade ocidental em sua marcha colonialista.

Além dessa atividade de ensino, eu dei prosseguimento a alguns projetos de trabalho, notadamente os de produção de textos que procuravam apresentar as implicações históricas e conceituais de se tomar Guyton de Morveau como um “professor exemplar” para aprendermos a “raciocinar com” os químicos das Luzes (MOCELLIN, 2011, 2012, 2016). O convite de Carlos Alberto Figueiras para participar do simpósio comemorativo dos 250 anos de nascimento de Vicente Coelho de Seabra (1764-1804), primeiro químico brasileiro moderno, organizado pelo programa de pós-graduação em química da UFMG, possibilitou também apresentar, através da descrição da tradução do artigo “Affinités” feita por Thomé Rodrigues Sobral (1759-1829) em 1793, como se deu a acolhida das

ideias químicas de Guyton entre os químicos luso-brasileiros (MOCELLIN, 2015). Também comecei uma tentativa de apresentar alguns pontos de vista sobre certos eixos de pesquisa em filosofia da química que mais me interessavam (MOCELLIN, 2013). Dez anos após a conclusão do mestrado, durante as comemorações do cinquentenário da publicação do *Estrutura* voltei a analisar o uso que Kuhn tinha feito da química em seu livro clássico (MOCELLIN, 2013). Isto me levou a outro trabalho, agora sobre as relações entre Metzger e Koyré e do lugar da química neste diálogo histórico-epistemológico (MOCELLIN, 2015).

Mais recentemente, meu trabalho tem se concentrado na investigação das bases conceituais e materiais que caracterizariam um “estilo de raciocínio” propriamente químico, que seria capaz de abarcar diferentes abordagens filosóficas e históricas a partir de um modo específico de pensar e de agir. Considero que o emprego dessa ferramenta conceitual, devida a autores como Alistair Crombie, Ian Hacking e Bensaude-Vincent, nos permite estabelecer um território de convergências de questões nas quais a química é importante, a fim de acompanhar a capilarização social e material de seus conhecimentos e produtos. O principal objetivo consiste em investigar a química desde a modernidade, explicitando as relações entre químicos, filósofos e historiadores a fim de promover uma cultura química, que consideramos essencial tanto ao processo educativo quanto na formação de cidadãos mais conscientes acerca do mundo material no qual vivemos. Ou seja, o objetivo é o de tentar estabelecer um território de investigação no qual possamos praticar uma “filosofia de terreno”, que permita uma aproximação entre pesquisadores, de modo a se fazer filosofia com química e de se praticar química com filosofia, cujos resultados podem ser de grande utilidade na educação em química (Mocellin, 2015; 2018a). Nesta perspectiva, tenho trabalhado em estreita parceria com a professora Luciana Zaterka na tentativa de explicitar a existência de um “programa baconiano” e uma filosofia experimental que permeia a

história da química a partir da modernidade (ZATERKA; MOCELLIN, 2018a, 2018b; MOCELLIN, 2018c)

### **Existe um estilo químico de raciocinar?**

Ao descrever a explicação dada por Crombie para a expressão “estilo de pensamento científico”, Hacking salienta “que os estilos não determinam um conteúdo, uma ciência específica” (HACKING, 2002a, p. 203). Não estaríamos, então, desvirtuando de antemão o emprego da noção de estilo ao nos referir a uma “ciência específica”, a química? Gostaríamos de argumentar em favor de uma resposta negativa, procurando apontar a pertinência no esclarecimento do lugar sociocultural da química, dos químicos e de seus produtos (conceituais e materiais) se adicionarmos às listas de Crombie e de Hacking um “estilo químico de raciocinar”. Consideramos ainda que esta adição é capaz de satisfazer tanto uma noção ampla de estilo (Crombie/Hacking) quanto uma noção mais restrita (BUENO, 2012), além de chamar a atenção para alguns aspectos negligenciados por ambas.

Uma possível justificativa à interdição de se identificar um estilo a uma “ciência específica” poderia atentar para o fato que se procura evitar uma associação imediata de um estilo a uma das ciências da hierarquia da classificação positiva de Comte. Um estilo de raciocínio não era uma disciplina científica, não se reduzia a um conjunto de teorias, de leis e de práticas. Embora esses elementos fizessem parte, um estilo se apresentava como um padrão/modelo mais amplo de racionalidade. Porém, esse argumento fica comprometido se lembrarmos de que Hacking considera que cada “ramo do conhecimento” da ciência positiva de Comte constituía “um estilo positivo de raciocínio associado a ele”. Hacking chama a atenção para a ideia de Comte, partilhada por ele, segundo a qual havia “uma evolução histórica de diferentes estilos de raciocínio, cada um deles trazendo em sua esteira seu próprio corpo de conhecimento positivo” (HACKING, 2002b, p. 185).

Isso não significa que os estilos de Crombie e de Hacking correspondam aos “ramos do conhecimento” de Comte. Se o método de cada ciência positiva tem lugar nos estilos identificados por eles, ambos guardavam distância de outras posições filosóficas de Comte, que foi considerado por Canguilhem como o criador de um “estilo francês” de filosofar sobre as ciências a partir de suas respectivas histórias (CANGUILHEM, 1983, p. 63). Então, não seria paradoxal admitir-se que a química fosse um dos ramos do conhecimento, com um “estilo positivo” e, ao mesmo tempo, recusar-lhe possuir um estilo próprio com o argumento de que ela era uma ciência específica? Ou seja, ao menos no caso da química, como admitir que ela fosse um dos ramos de evolução da ciência positiva e, ao mesmo tempo, não reconhecer nela um estilo próprio de raciocinar?

Cabe lembrar a importância dada por Comte às particularidades cognitivas, históricas e sociais da química e de sua indústria. Comte dedicou cinco lições de seu *Cours de philosophie positive* às especificidades filosóficas da química, às dificuldades de sua posição hierárquica (entre a Física e a Biologia), aos seus usos públicos (ensino, indústria), pois, para ele, esta ciência era a que melhor representava as conquistas do progresso científico e técnico da sociedade (COMTE, 1838, lições 35 à 39). No entanto, o projeto comtiano de submeter os ramos de “positividade” a uma classificação geral das ciências limitava o próprio escopo filosófico do conhecimento químico.

Além disso, a própria posição hierárquica da química não se dava sem problemas. Na verdade, o estatuto da química restava indefinido para Comte, pois, para ele, as teorias químicas ainda não eram suficientemente abstratas, restavam fortemente empíricas. Suas práticas experimentais incorporavam fenômenos de outros domínios (na época, a eletrólise) e sua posição na hierarquia disciplinar nem sempre era respeitada, notadamente em relação à biologia. Exemplo disso era o fato de Comte considerar que a maior contribuição dada pela química tinha sido sua nova nomenclatura que, no entanto, era inspirada na

nomenclatura binomial de Lineu. Portanto, a classificação positiva da química com disciplina não resolvia nem o problema da identidade cognitiva, tampouco o da delimitação de suas fronteiras com ramos vizinhos, de modo que o conhecimento químico não se adequava muito bem à própria hierarquia das ciências positivas (BENSAUDE-VINCENT, 1994).

E o que dizem Crombie e Hacking a respeito da localização da química em seus estilos de pensamento/raciocínio? A recusa de se identificar um estilo a uma “ciência específica” significa uma interdição de se atribuir ao conhecimento químico um estilo específico? Aparentemente, ambos consideram que a resposta da primeira questão era evidente, pois nenhum deles fez comentários específicos sobre a química e o trabalho dos químicos. Assim, somos levados a supor que para Crombie a química pertence, sobretudo, ao estilo experimental e de mensuração de relações observáveis, mas também poderia ter partes em outros, como naquele da construção hipotética de modelos. Todavia, ao analisar a emergência do estilo experimental na modernidade, Crombie deu pouca atenção à experimentação química e, assim como seu professor Koyré, privilegiou os experimentos que materializavam determinadas teorias físico-matemáticas e os instrumentos científicos criados por “artistas racionais” (CROMBIE, 1994, v. 1, p. 425ss).

No caso de Hacking a resposta parece bastante evidente. A química pertenceria a seu “estilo laboratório”. É curioso, mas Hacking postula a existência de um novo estilo sem se interessar pela ciência que efetivamente criou esses “espaços tecno-epistêmicos” (Smith, 2000). Para ele, “o estilo laboratório começou por volta da época em que Boyle fez seu compressor a fim de investigar a elasticidade do ar” (HACKING, 2002a, p. 206). Nem mesmo os trabalhos de experimentações químicas realizadas por Boyle foram lembrados (CLERICUZIO, 2006; ZATERKA, 2004). Supomos então que, para Hacking, a química era uma dentre outras ciências na qual predominava um estilo laboratório, “caracterizado pela construção de aparelhos para produzir fenômenos



para os quais a modelagem hipotética pode ser verdadeira ou falsa, mas usando outra camada de modelagem, a saber, modelos de como os próprios aparelhos e instrumentos funcionam” (HACKING, 2002a, p. 205).

Certamente, a química satisfaz as condições gerais tanto de Crombie quanto de Hacking, pois realiza experimentos controlados, utiliza modelagens analógicas e emprega aparelhos cujo funcionamento é bem conhecido. Mas, podemos nos interrogar se essa generalidade e dissolução do conhecimento químico nesses estilos ajudam a melhor compreender o seu lugar, tanto entre as demais ciências quanto nas sociedades nas quais o trabalho dos químicos e seus produtos se fazem presentes. Melhor dizendo, se a adequação da química não era um problema para Crombie e Hacking, a questão que nos interessa é se isso é suficiente para deixarmos de explorarmos as especificidades de um “ponto de vista químico” de conhecer, de manipular, de dominar e de transformar o mundo natural.

Na época de Comte esse “ponto de vista químico” era considerado conceitual e historicamente relevante na análise filosófica das ciências. Esse interesse diminuiu bastante nas primeiras décadas do século XX, particularmente entre filósofos da ciência de língua inglesa. As razões desse desinteresse não é nosso tema, mas talvez o desaparecimento da química das discussões filosóficas nos ambientes de formação intelectual de Crombie e de Hacking possa ser a causa da pouca preocupação que ambos tiveram com o conhecimento químico e sua história. Esta hipótese, contudo, não pretende relativizar a contribuição historiográfica de Crombie que, inspirada em Koyré e na *École des annales*, evidenciou a existência de uma variedade de formas de pensar cientificamente (mentalidades) que existiam e que deveriam ser estudadas como processos históricos de longa duração. Tampouco diminuir a importância filosófica da ruptura promovida por Hacking com a tradição acadêmica que valorizava sobremaneira as teorias científicas, em detrimento de análises mais finas sobre os experimentos e as práticas das ciências.

Embora Crombie e Hacking não deem grande atenção à química, por outro lado, eles não negaram a possibilidade de se ampliar suas listas de estilos de pensamento/raciocínio. Nas últimas décadas do século passado a química voltou a despertar o interesse de filósofos e historiadores profissionais, de maneira que dispomos atualmente de ampla literatura filosófica e historiográfica que têm a química como tema central. Essas investigações oferecem análises detalhadas do desenvolvimento dessa ciência e da capilarização de seus produtos nas sociedades e no ambiente natural ao longo da história. A diversidade dessas interpretações caracteriza na química outro aspecto fundamental da noção de estilo, a de ser um território de racionalidades diversas, no qual coabitam uma pluralidade de abordagens, e não um domínio em que sucessivamente se alternam sistemas teóricos específicos, paradigmas incomensuráveis, ou programas de investigação competidores.

Para Hacking, o “estilo laboratório” era mais restritivo que o “estilo experimental” de Crombie, pois nem toda ciência experimental era uma ciência de laboratório. A diferença consistiria que no laboratório, com seus instrumentos e materiais, criavam-se fenômenos passíveis de serem controlados e reproduzidos. Por isso Hacking não considera que, por exemplo, a botânica ou a paleontologia adotassem um estilo laboratório de produzir seus conhecimentos. Hacking aponta também a longa duração e a auto estabilidade desses espaços epistêmicos que produziam conhecimento através da manipulação e da intervenção sobre os materiais investigados. Ao contrário da abordagem etnológica e externalista de Latour, Hacking está mais interessado na produção material de fenômenos que, para ele, envolvia a manipulação/intervenção de “ideias”, “coisas” e “sinais/símbolos” (*marks*), que, por sua vez, eram inseparáveis e se hibridizavam no trabalho operacional realizado nos laboratórios (HACKING, 1992; LATOUR; WOOLGAR, 1997).

Sem dúvida, a química é uma ciência de laboratório e corrobora os critérios gerais apontados por Hacking. No entanto, isso é insuficiente para compreender a construção histórica do conhecimento objetivo das propriedades especificamente químicas dos materiais. Naturalmente, isso corresponde à aceitação de que a química e sua história são dignas de análises histórico-filosóficas originais, de reflexões que envolvem desde debates sobre questões ontológicas e epistemológicas, até aqueles mais próximos do interesse público, como a ética ambiental (BØRSEN; SCHUMMER, 2016). Assim, assumimos aqui uma concepção pluralista do conhecimento, que considera pertinente se conhecer objetivamente as coisas a partir de vários “pontos de vista” (científicos e não científicos).

Nessa perspectiva, a noção de estilo de Crombie e de Hacking pareceu à Bensaude-Vincent ideal na resolução de um problema importante que ela e Stengers enfrentaram ao escreverem o livro *Historie de la chimie*: qual era a identidade da química? Na época a solução encontrada foi descrever os modos que, em diferentes períodos históricos, os químicos defenderam a autonomia e a singularidade ontológica e epistêmica de sua ciência (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1993, p. 9-12). Mais recentemente, ela considerou pertinente empregar a noção de estilo para indicar uma identidade cognitiva perene ao trabalho realizado pelos químicos ao longo da história de sua ciência (BENSAUDE-VINCENT, 2009).

Mas Bensaude-Vincent considera que embora Hacking tenha dado mais atenção ao papel da manipulação e da intervenção experimental operada em laboratório, ele não diferia de Crombie quanto à ideia de experimentação como realização de um modelo mental, de um pensamento que antecipava a experiência. Ambos teriam negligenciado a emergência de uma prática alternativa de experimentação, que se manifestava no desenvolvimento de um modo próprio de teorizar e de uma visão específica sobre a matéria. Bensaude-Vincent considera que essa singularidade deu origem a uma “concepção geral de natureza subjacente às práticas químicas”, e que essa concepção, mutante ao longo

da história da química, delimita, de modo amplo, as fronteiras de um “estilo químico” de raciocinar. A noção poderia ser empregada a fim de reunir diferentes identidades cognitivas construídas historicamente pelos químicos. O “estilo laboratório” de Hacking não seria, então, mais do que a extensão de um estilo originado no laboratório dos químicos (BENSAUDE-VINCENT, 2009, p. 366).

Em seu sentido geral, a noção de estilo químico serve, portanto, para delimitar um território de investigação autônomo, com métodos e objetos (materiais e conceituais) próprios e que demandavam a seus praticantes uma maneira específica de trabalhar. Um exemplo desta especificidade já se dava no emprego do corpo do experimentador, pois no laboratório todos os sentidos do químico eram requisitados na explicação de um fenômeno. Os químicos foram os primeiros a se ocupar da investigação objetiva das transformações da matéria, explicando coisas visíveis e sensíveis através da postulação de coisas invisíveis e insensíveis. E isso sempre a partir de seu lugar de trabalho, de seu laboratório (LEFÈVRE, 2005).

Kovac analisou esse raciocínio prático dos químicos através de exemplos corriqueiros de um laboratório, como a “solubilidade” e a “reatividade”. Segundo ele, os químicos desenvolveram um “modo prático” de raciocinar, que ao contrário de um “modo abstrato”, não começa por regras ou axiomas gerais, mas a partir da descrição detalhada de fatos de casos particulares submetidos a certas condições. Esse “modo prático” não era desprovido de concepções teóricas, pois os químicos sempre “pensaram com as mãos”, mas enquanto um “modo abstrato” parte de premissas universais, um “modo prático” era contingente a contextos particulares. Devido, justamente, a esse modo concreto e contextual de existência dos produtos da química, Kovac fez apelo à casuística como guia ético desse modo de raciocinar (KOVAC, 2002). A linguagem e a classificação química são dois outros exemplos marcantes dessa imbricação, pois nomear e classificar as substâncias químicas dependia tanto de uma concepção identitária, quanto do nível

técnico-conceitual da investigação sobre as propriedades químicas. Portanto, a realidade química é sempre provisória, dependendo tanto do momento histórico quanto dos meios técnicos, conceituais e representacionais (nomenclaturas, modelos, fórmulas) disponíveis aos químicos (DAGOGNET, 2002; LASZLO, 1993; CERRUTI, 1998).

Podem parecer um truísmo dizer que o estilo químico consiste em um modo de raciocinar e de agir específico originado de um laboratório químico, além do fato de outras ciências também fazerem uso de laboratórios. Não se trata aqui de reivindicar uma ancestralidade da química para o estilo laboratório, nem de questionar o uso desses espaços-epistêmicos por outras ciências. Trata-se, isto sim, de utilizar a noção em proveito dos interesses da própria química, como elemento aglutinador que oferece uma permanência e uma constância de atividades experimentais nas quais diversos tipos de interesses estavam envolvidos. Na verdade, o que mais interessa na adoção de estilo nesse sentido generalizante e unificador é o potencial analítico oferecido pela noção de Crombie e de Hacking.

Bensaude-Vincent aponta três razões para se adotar essa ferramenta analítica. A primeira era o fato de Hacking considerar que cada estilo criava seus próprios objetos, de modo que distintos estilos de raciocínio científico geravam suas próprias ontologias, postulando a existência de entidades que somente faziam sentido teórico ou experimental no domínio do próprio estilo. A segunda razão era a de que os estilos eram prescritivos, eles normatizavam não somente o que era verdadeiro ou falso, mas também o que era ou não pensável. Ou seja, eles estruturavam racionalidades científicas. Enfim, a terceira razão, era o fato de que os estilos de raciocínio científico eram de “longa duração”, o que era essencial no caso de uma ciência histórica como a química (BENSAUDE-VINCENT, 2009, p. 368).

O estilo químico apresentaria, assim, três características gerais marcantes: 1) tratava-se de um modo de se conhecer através do fazer; 2) seu interesse principal estava na individualidade material e não no

estudo da matéria em geral e 3) representava um compromisso específico com a natureza. No seu laboratório, o químico construía seu próprio objeto de conhecimento, sempre provisório, através de instrumentos químicos, físicos e de papel (símbolos, tabelas, gráficos). Tudo isso era empregado no processo de aprendizagem do químico. Aliás, a pedagogia química evoluiu em função dessas características gerais, adicionando outro elemento fundamental na constituição de um estilo, uma literatura original, uma infinidade de manuais que universalizavam os saberes químicos.

O objetivo principal desse estilo era o de produzir artefatos, objetos artificiais que podiam, ou não, ter um exemplar na natureza. Muitas vezes essa produção ganhava proporções comerciais, o que suscitava novas questões acerca da sua indústria, da utilidade pública de seu ensino, da sua importância estratégica para o Estado, mas também de seus riscos. Cabe observar que desde o início da química industrial na metade do século XVIII, o fascínio da opinião pública pelo progresso científico, do qual a química era o modelo, não ofuscava uma preocupação crescente com a poluição do ambiente próximo às manufaturas. Portanto, outro aspecto pertinente no emprego de uma noção de estilo químico é a possibilidade de se acompanhar problemas éticos e ambientais especificamente ligados aos produtos da química e de sua indústria ao longo do tempo (LÉVY-LEBOYER, 1996).

Todavia, além dessa delimitação ampla e historicista, seria possível circunscrever mais estreitamente as características de um estilo químico? Tentando delimitar aquilo que seria um “núcleo químico da química”, Schummer propôs uma noção restrita, que perpassaria a historicidade ontológica e epistemológica de suas definições, teorias ou discursos a fim de estabelecer precisamente o que tornava a química um estilo autônomo. Sua estratégia foi a de descrever passo a passo a construção dessa autonomia a partir do comportamento das substâncias químicas em contextos materiais precisos. Esse comportamento indicava uma característica fundamental da química, seu interesse pelas substâncias e

por suas transformações, provocadas por diferentes relações reativas. Tanto a composição quanto a “reatividade” das substâncias químicas resultavam, não de uma essencialidade substancial, mas de um jogo de relações entre elas próprias. Essas substâncias não eram conhecidas a priori, mas construídas através de processos de purificação ou de síntese e deveriam ser compreendidas como os nós de uma rede de relações. Segundo ele, isso revelava que a estrutura lógica de sistematização e de classificação do conhecimento químico consistia em uma peculiar organização em rede da dinâmica relacional das substâncias químicas (SCHUMMER, 1998).

Essa noção mais restrita proposta por Schummer decorre das características gerais do estilo químico que apontamos acima. Ela também faz convergir duas definições comuns para a química, uma que enfatizava que ela seria, sobretudo, uma ciência que se ocupava com as “substâncias químicas”, e outra que considerava que era os processos de transformação composicional o que determinava a natureza do conhecimento químico. Nessa acepção mais restrita, tanto as substâncias quanto suas relações devem ser tomadas conjuntamente no estabelecimento de seu comportamento químico em um determinado contexto material. Além disso, essa noção se adéqua a uma característica importante apontada por Hacking, a de que um estilo se tornava “independente de sua própria história” e passava a ser “um cânone um tanto atemporal de objetividade, um padrão ou modelo do que é ser razoável sobre esse ou aquele tipo de assunto” (HACKING, 2002a, p. 209). Na química, esse cânone era dado pela capacidade de se agir quimicamente sobre os corpos materiais, de analisá-los e de sintetizá-los, fossem eles derivados do meio natural ou produtos de sua própria invenção.

A demasiada amplitude dos estilos de Crombie e de Hacking levou Bueno a propor uma forma mais restrita de estilo de raciocínio, que ele caracteriza em termos dos mecanismos de representação do que era percebido como possibilidades de investigação em um determinado

domínio, a partir de um quadro inferencial dessas possibilidades sobre o domínio em questão (BUENO, 2012, p. 660). Os químicos certamente fazem inferências de conteúdo informativo a partir de um quadro representacional, e sua atividade de produzir inferências e representações estão intimamente conectadas. Aliás, no caso das representações, foram os químicos que inventaram uma atividade operatória concreta às representações hipotéticas das estruturas químicas, bem denominados por Klein de “instrumentos de papel” (KLEIN, 2001).

Gostaríamos, no entanto, de insistir que a forma restrita de estilo químico guarda uma particularidade, a de ser indissociável da investigação da matéria, das substâncias e de suas transformações. A de ser, sobretudo, um estilo materialista (mesmo altamente matematizado), que se dedica à intervenção técnica dos corpos, a fim de descobrir sua composição e suas propriedades reacionais. Justamente por ser a ciência que mais se interessou pelo estudo dos materiais, a química serviu de base na formulação de “filosofias materialistas”, tanto clássicas (Gassendi, Diderot, d’Holbach), quanto contemporâneas (PÉPIN, 2012; MOCELLIN, 2018b).

Por isso, consideramos pertinente enfatizar que a forma restrita de estilo químico se origina da emergência das propriedades químicas da matéria. Aqui, lembraremos apenas que na perspectiva emergentista as propriedades de um determinado nível de materialidade, embora derivado de um nível inferior, são exclusivas desse nível. Mesmo que as propriedades químicas emergissem de um universo físico mais básico (subatômico), isso não implicava que elas fossem redutíveis às propriedades dessas entidades físicas, muito menos às proposições ainda mais básicas, como as da matemática. Assim, um estilo químico origina-se na emergência das propriedades eminentemente químicas da matéria. De fato, os próprios teóricos da perspectiva emergentista têm na química um território favorito de exemplos de emergência material, que satisfazem inclusive a controversa noção de causalidade descendente



(top-down) (LUISI, 2002; LLORED, 2012). Se em um sentido abrangente o estilo químico serve para oferecer uma identidade histórica para a química, em um sentido mais restrito ele precisa a contextualidade material que interessa à suas investigações. A abrangência de um estilo químico delimita um tipo de manipulação dos materiais (naturais ou artificiais) e suas implicações cognitivas e societárias, sua restrição aponta para os fundamentos operacionais e reacionais dessa materialidade química do mundo.

Enfim, a partir das hipóteses acima, sugerimos ser pertinente admitir a existência de um “ponto de vista químico” oferecido por um estilo de raciocínio original. Em um sentido geral, parece-nos relevante a caracterização de um estilo químico de raciocinar a fim de evitar a dispersão da química em diversos estilos. Essa dispersão certamente não contribui ao esclarecimento cultural da ciência química e de seus artefatos, tampouco para reflexões filosóficas, históricas ou éticas específicas a esta ciência e a sua indústria. A química cria seus objetos, normatiza e prescreve/prediz suas propriedades reacionais, os emprega em cadeias produtivas, que respondem a necessidades econômicas, sociais e políticas, o que constitui inegavelmente um vasto terreno para pesquisas filosóficas e históricas (MOCELLIN, 2018a).

É justamente a criação uma das principais características de um estilo químico de raciocinar. Se as análises químicas realizadas nos séculos XVII e XVIII já centralizavam o raciocínio químico nas “individualidades materiais”, no final do século XIX as sínteses orgânicas ofereceram um novo método de produzir e espalhar novos objetos nos ambientes naturais e humanos. Um de seus promotores, Marcellin Berthelot, apresentou ousados e utópicos programas de síntese partindo unicamente de carbono e de hidrogênio. Essa característica de criar coisas que não existiam na natureza, ou de reproduzir artificialmente em seus laboratórios coisas naturais, acompanhou a química ao longo de sua história e continua a ser seu elemento distintivo. O químico e filósofo Roald Hoffmann, Nobel de química de 1981, salienta essa característica

eminentemente criativa do estilo de raciocínio empregado pelos químicos, pois “os químicos fazem moléculas”. Fazem outras coisas, como estudar suas propriedades, formular teorias sobre sua estabilidade, ou descrever os mecanismos de reação, mas, “no coração de sua ciência está a molécula, que é feita, quer por um processo natural, quer por um ser humano” (HOFFMANN, 2007, p. 132).

Bachelard foi um dos primeiros a apontar as consequências filosóficas do fato de que “em química, o real era considerado como uma realização [...], pois qualquer substância química só era verdadeiramente definida no momento de sua reconstrução” (BACHELARD, 1984, p. 32). Se na química orgânica essa criação era feita pelas sínteses, o mesmo ocorria nas previsões de Mendeleev acerca da existência de novos elementos em seu quadro periódico, ou nas etapas de purificação de uma substância. Segundo ele, disso surgia uma substancialidade material propriamente química, uma vez que “a química técnica pretendia construir uma substância normatizada, uma substância sem acidentes” (p. 35). O objetivo de Bachelard era o de propor uma metaquímica que começaria pela “dialeitização” do substancialismo da química clássica (lavoiseriana), ou seja, partindo não dos corpos químicos já individuados, mas da “trajetória química” de suas individualizações. Lembramos aqui da metaquímica bachelardiana não para colarmos uma filosofia particular ao estilo químico, mas apenas para observar que Bachelard apontou alguns dos desdobramentos filosóficos de se acompanhar o processo de criação/purificação das substâncias químicas, ou seja, de se raciocinar quimicamente (NORDMANN, 2006).

Seguir essas substâncias para além do laboratório, investigar como elas se relacionam com os meios em que se fazem presentes não deve ser tarefa apenas dos químicos profissionais, pois esse “povoamento químico” do mundo diz respeito a todos, produtores e consumidores de artefatos/objetos químicos. Temos condições de fazer esse acompanhamento desde, ao menos, a modernidade europeia, momento a partir do qual esse estilo químico foi incorporado institucionalmente

pelos Estados e aplicado na expansão do capitalismo industrial. Por isso, o estilo químico está intimamente associado a uma noção de aspiração social mais ampla, a do progresso humano e científico.

Como apontou o historiador François Hartog, na modernidade a “categoria de tempo” predominante era a do futuro, na qual o presente era pensado a partir de uma perspectiva futura, daí o nascimento da noção moderna de progresso (HARTOG, 2003). Os químicos sempre se colocaram como trabalhadores ao serviço do progresso da sociedade, melhorando sua saúde, sua alimentação, enfim, a química era a ciência do futuro que melhorava as condições do presente. Ora, esse futurismo apreendido pelos químicos modernos não difere substancialmente dos desafios da química contemporânea, como promessas de uma “química verde” que respeita a natureza, sem deixar de servir aos interesses humanos.

### **Conclusões provisórias**

Qual contribuição essa abordagem que proponho pode trazer ao ensino de química? Não sei. Tampouco poderia emitir um julgamento sobre as propostas de adaptação de sistemas filosóficos ao ensino de química. Todavia, não me parece que a filosofia sirva a propósitos como o de “humanizar” a química, ou de oferecer modelos filosófico-pedagógicos nos quais se devem traduzir os conceitos químicos para depois ensiná-los. A filosofia é uma atividade reflexiva, que não serve como porta voz de humanismos fáceis. Creio também que se os educadores em química tomarem as pesquisas históricas e filosóficas apenas como um instrumento, isto não resultará numa melhor apropriação cognitiva e cultural dos conceitos químicos ensinados, assim como o emprego de conceitos pedagógicos não necessariamente melhoram o esclarecimento químico dos estudantes. Talvez, uma contribuição seja a de oferecer a meus colegas professores de química narrativas que buscam analisar a cultura química produzida em torno da atividade dos químicos. Por isto, consideramos

pertinente descrever, por exemplo, a pedagogia desenvolvida por um químico do século das Luzes, pois julgamos ser uma forma de aproximar seus desafios e dificuldades com os que atualmente enfrentamos.

Empregamos a noção de estilo com o propósito de federar investigações em que a química seja o tema central. O propósito consiste em tomar o trabalho dos químicos, dos historiadores e dos filósofos que refletem a partir de seus resultados como constitutivos de um mesmo processo de produção material e intelectual. Considero que se estabelecermos canais de comunicação entre as atividades cotidianas dos químicos e suas implicações históricas e filosóficas poderíamos contribuir concretamente para a melhoria do ensino de química. É neste sentido que penso ser absolutamente necessário que o professor de química seja capaz de descrever adequadamente os conceitos que ensina a seus estudantes. Acredito, enfim, que as narrativas produzidas por filósofos e historiadores da química podem ser pertinentes na demonstração da amplitude e da importância societária e cultural desta ciência.

## Referências

BACHELARD, G. **A filosofia do não - filosofia do novo espírito científico**. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BENSAUDE-VINCENT, B. "The chemist's style of thinking". **Berichte zur Wissenschaftsgeschichte**, 32, p. 365-78, 2009.

BUENO, O. Styles of reasoning: A pluralist view. **Studies in History and Philosophy of Science**, 43, p. 657-65, 2012

CERRUTI, L. "Chemicals as Instruments - A Language Game". **HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry**, 4, p. 39-61, 1998.

CLERICUZIO, A. "A redefinition of Boyle's chemistry and corpuscular philosophy". **Annals of Science**, 47, p. 561-89, 2006.

- CROMBIE, A. **Styles of scientific thinking in the European tradition. The history of argument and explanation.** Especially in the mathematical and biomedical science and arts. London: Duckworth, 1994.
- DAGOINET, F. (1969). **Tableaux et langages de la chimie.** Paris : Champ Vallon, 2002.
- DIDEROT, D. **Pensées sur l'interprétation de la nature.** Paris: Flammarion, 2005.
- HACKING, I. “Estilo para historiadores e filósofos”. In: **Ontologia histórica.** São Leopoldo: Unisinos, p.199-220, 2002.
- HARTOG, F. Régimes d'historicité. **Présentisme et expérience du temps.** Paris: Éditions du Seuil, 2003.
- KOVAC, J. “Theoretical and Practical Reasoning in Chemistry”. **Foundations of Chemistry**, 4, p. 163-71, 2002.
- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Editora Perspectiva, 1975 [1962].
- \_\_\_\_\_. As relações entre História e Filosofia da Ciência. In: **A Tensão Essencial.** Lisboa: Edições 70, p. 29-49, 1989 [1977].
- LASZLO, P. **La parole des choses.** Paris: Hermann, 1993.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório.** Trad. Ângela Ramalho Vianna. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LÉVY-LEBOYER, M. (ed.). **Histoire de la France Industrielle.** Paris: Larousse, 1996.
- LLORED, J-P. “Emergence and Quantum Chemistry”. **Foundations of Chemistry**, 4, p. 245-74, 2012.
- LUIZI, P. L. “Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence”. **Foundation of Chemistry**, 4, p. 183-200, 2002.
- METZGER, H. [1933]. “L'historien des sciences doit-il se faire le contemporain des savants dont il parle ?”. In : **La méthode philosophique en histoire des sciences.** Paris: Fayard, p. 9-21, 1987.

MOCELLIN, R. C. **Lavoisier e a longa revolução na química**. Dissertação de mestrado em filosofia. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2003.

\_\_\_\_\_. **Louis-Bernard Guyton de Morveau**: Chimiste et Professeur au Siècle des Lumières. Saarbrücken: Éditions Universitaires Européennes, 2011 [2009].

\_\_\_\_\_. O 'sonho newtoniano' de Guyton de Morveau. São Paulo: **Circumscribere**, v. 10, p. 22-39, 2011.

\_\_\_\_\_. Louis-Bernard Guyton de Morveau e a revolução química das Luzes. São Paulo: **Scientiae studia**, v. 10, n. 4, p. 733-58, 2012.

\_\_\_\_\_. Afinidades químicas ou a parte da química 'mais suscetível de tornar-se uma ciência exata': Guyton de Morveau em português". In Filgueiras, C. A. (org.). **Vicente Coelho de Seabra**: 250 anos de nascimento (1764-2014): Belo Horizonte: Editora do CRQ-MG, p. 57-74, 2015.

\_\_\_\_\_. Filosofia da química: uma novidade aparente. In Becker, E.; Balieiro, M.; Tolle, O. (orgs). **Filosofia no ensino médio**: filosofia da ciência. São Cristovão: Editora UFS, p. 48-70, 2013.

\_\_\_\_\_. A revolução química na Estrutura. In Condé, M. L. & Penna-Forte, M. A. (orgs.). **Thomas Kuhn: A Estrutura das Revoluções Científicas [50 anos]**. Belo Horizonte: Fino Traço Editora, p. 101-119, 2013.

\_\_\_\_\_. Metzger e Koyré: diálogos e escolhas. In Condé, M. L. & Salomon, M. (orgs.). **Alexandre Koyré**: história e filosofia das ciências. Belo Horizonte: Fino Traço Editora, p. 163-186, 2015.

\_\_\_\_\_. Estilo de raciocínio e capilaridade técnico-cultural na química do século XVIII. São Paulo: **Scientiae studia**, v. 13, n. 4, p. 759-80, 2015.

\_\_\_\_\_. Guyton de Morveau, 'le premier chimiste de France': divergences, convergences et consensus dans la révolution chimique. Paris: **Annales historiques de la Révolution française**, 383, p. 61-80, 2016.

\_\_\_\_\_. Existe um estilo de raciocínio químico? In : Silvio Seno Chibeni; Luciana Zaterka; José Ahumada; Diego Letzen; Cibele Celestino Silva; Lilian Al-Chueyr Pereira

Martins; Ana Paula Oliveira Pereira de Morais Brito (Org.). **Filosofia e historia de la ciencia en el cono sur**. Córdoba: AFHIC, p. 46-55, 2018a.

\_\_\_\_\_. Conceitos nômades: filosofia química na Ilustração. **Dois Pontos**, v. 15, p. 183-197, 2018b.

\_\_\_\_\_. Química e filosofias experimentais no século XVIII. In : Evaldo Becker, Marcelo de Sant'Anna Alves Primo, Saulo Henrique Souza Silva (Org.). **Moral, ciência e história no pensamento moderno**. São Cristóvão: Editora UFS, p. 291-316, 2018c.

NORDMANN, A. From Metaphysics to Metachemistry. In: Baird, D.; Scerri, E. & McIntyre, L. (eds.). **Philosophy of Chemistry** – Synthesis of a New Discipline. Dordrecht: Springer, 2006, p. 347-62.

PEPIN, F. **La Philosophie expérimental de Dierot et la chimie**. Paris: Garnier, 2012.

RAMOS, M. C.; MOCELLIN, R. C. “Natureza e artefato: laboratório como teatro de operações e manipulações materiais”. Curitiba: **Dois Pontos**, v.12, n. 01, p. 207-217, 2015.

SCHUMMER, J. “The Chemical Core of Chemistry”. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, 4, p. 129-62, 1998.

ZATERKA, L. **A filosofia experimental na Inglaterra do século XVII: Francis Bacon e Robert Boyle**. São Paulo: Humanitas, 2004.

ZATERKA, L. & MOCELLIN, R. C. Natural History, Chemistry, and Teaching in Modern Scientific Culture. In: Maria Elice de Brzezinski Prestes; Cibelle Celestino Silva (Org.). **Teaching Science with Context Historical, Philosophical, and Sociological Approaches**. Cham: Springer, p. 235-249, 2018a.

\_\_\_\_\_. O 'programa baconiano', a química e a interpretação da natureza. In: Silvio Seno Chibeni; Luciana Zaterka; José Ahumada; Diego Letzen; Cibele Celestino Silva; Lilian Al-Chueyr Pereira Martins; Ana Paula Oliveira Pereira de Morais Brito (Org.). **Filosofia e historia de la ciencia en el cono sur**. Córdoba: AFHIC, p. 326-336, 2018b.





## **Investigações em Filosofia, Química e Currículo**

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

Nesse trabalho analiso a integração da Filosofia da Química no currículo superior de química a partir de acontecimentos que fizeram e fazem parte do meu percurso formativo como estudante, professor e pesquisador em química, bem como a partir do contato com o campo disciplinar da Filosofia da Química que culminou com minha tese de doutorado defendida em 2014. Nesse período de mais de 20 anos, venho identificando que parte dos problemas que se insurgem no contexto pedagógico da química origina-se da maneira como é pensada a relação entre Filosofia, Química e Currículo. Portanto, nesse texto, na primeira parte, descrevemos nosso percurso formativo e identificamos como o contato com a filosofia da química se originou. Na segunda parte buscamos um texto mais analítico, baseado principalmente na nossa tese de doutorado sobre o tema (RIBEIRO, 2014), contudo acrescido de problematizações e investigações posteriores.

Defendemos que a Filosofia da Química tem um valor intrínseco para a formação superior em Química. Formação superior em Química, seja no bacharelado, licenciatura, implica necessariamente uma posição e perspectivação totalizante e unificada da química, portanto filosófica. Também defendemos que a Filosofia da Química tem um valor instrumental, ou seja, é importante para definir e esclarecer ações,

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Formação de Professores - PPG.ECFP e Mestrado Profissional em Química.

objetivos e finalidades pedagógicas e científicas, portanto essencial para o ensino e a pesquisa em Química.

Qualquer ciência, entretanto, constitui-se de racionalismos setoriais, epistemologias regionais e por um pluralismo (RIBEIRO; COSTA PEREIRA, 2012). Cada ciência possui sua organização cognitiva e epistemológica. Logo, é necessário pensa-la em quadros analíticos apropriados para melhor ensinar. A filosofia da química tem mostrado que a química tem sido pensada como uma física aplicada, reduzida à física. Isso tem gerado um fosso epistemológico entre a química que se faz e a química que se ensina. Filósofos da química têm mostrado a química como dinâmica, plural, heurística, interdisciplinar, criativa, histórica. Em contrapartida, seu ensino é algorítmico, disciplinar e dogmático. A química precisa render-se ao modo padrão de entendimento da ciência para ser aceita. Algo se passa neste contexto que precisa ser diagnosticado e propostos intervenções.

Há um longo trabalho a ser realizado no contexto do currículo de formação de professores em química. Este trabalho, apenas no seu início, deve ser um esforço conjunto entre filósofos químicos e educadores químicos (VAN BERKEL, 2005; VAN AALSVOOR, 2004 ). Em função da pouca distância temporal, do grande formalismo, da vastidão e complexidade dos conteúdos, a integração do debate da filosofia da química no contexto do ensino, ainda é muito pequena, tendo sido mais estabelecida recentemente após uma chamada da revista *Science & Education* (2010)<sup>i</sup>. Como consequência, existem ainda poucos guias analíticos, o que dificulta a comparação e interlocução entre propostas. Há uma necessidade inicial de identificar, cartografar, propor campos de sentidos, estruturas subjacentes, de interesse curricular, presentes neste debate, que possa estruturar, fundamentar e organizar os conteúdos do ensino de química, os saberes docentes e a profissionalização dos professores no sentido de propor ações pedagógicas e curriculares mais fundamentadas e coerente com a especificidade epistemológica da

química e que conduza a maiores níveis de autonomia da aprendizagem e humanização.

O objetivo principal deste trabalho é problematizar o recente debate da filosofia da química no sentido de sua integração ao currículo de formação inicial de professores de química. Fundamentado neste debate iremos explicitar critérios de seleção e organização curricular; Problematizar a integração e articulação curricular a partir de elementos mínimos da praxis química; Explicitar princípios, orientações e exemplos de inovações curriculares em unidades curriculares;

### **Encontrando indícios**

As inquietações aqui explicitadas, originaram-se de justificativas pessoais e sociais, vivenciadas desde o contexto formativo (1991-1996)<sup>2</sup> e profissional (1996-) no campo da Química, onde alguns incidentes foram propulsores para a organização de uma problemática tornada objeto de pesquisa: relação entre Química, Filosofia e Currículo.

No curso técnico de nível médio de química discutia-se mais sobre conhecimento, cientificidade e sobre a natureza da ciência do que na Universidade. Essa percepção veio a se confirmar também em debates sobre os problemas da docência universitária quando a competência técnica e os domínios nos saberes disciplinares e subdisciplinares são hegemônicos.

Durante a formação universitária na UFBA, o edifício do curso de Química era vizinho ao curso de Física; intrigava-me como dois cursos fisicamente tão próximos eram tão distintos<sup>3</sup>. Em química não se discutia temas de ordem filosófica, um hábito comum em física e mesmo em

---

<sup>2</sup> Fiz a Graduação em Bacharelado em Química de 1991 a 1996. Ao longo dessa graduação, cursei disciplinas em diferentes cursos, como artes, teatro, música, sociologia, direito, administração, filosofia, história. Cursei Ciências Biológicas (incompleto), de 2000 a 2002; fiz mestrado em História, Filosofia e Ensino de Ciências, defendendo a dissertação sobre um estudo do conceito de emergência na literatura atual. Todos esses estudos foram realizados na UFBA (Universidade Federal da Bahia).

<sup>3</sup> Essas inquietações são partilhadas nos mais diversos espaços, de forma completamente implícita e jamais articulada e pensada.

biologia<sup>4</sup>. Uma intuição que já me inquietava (ano de 1997) era que o curso de química tinha uma grande endogenia e grande dificuldade ou desinteresse em discutir temas das ciências humanas. Qual a razão? Epistemológica, política, sociológica?

Minha prática profissional como docente tem característica transversal<sup>5</sup>. Iniciei em 1996 como professor do ensino médio e, em 1999, comecei a lecionar no ensino superior em cursos de formação de professores de química. Tive oportunidade de lecionar todas as disciplinas específicas (química orgânica, analítica, físico-química e inorgânica) e, desde 2004, venho lecionando, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), disciplinas pedagógicas, estágio supervisionado e história da química.

Ao conviver com a comunidade de educadores em química, identificava uma pedagogização excessiva dos discursos. Certo incidente chamou a atenção. Uma pesquisadora, líder da comunidade epistêmica de ensino de química no Brasil, apesar de grande conhecedora de temas pedagógicos, cometeu um erro muito primário em conhecimentos específicos de química. O desconhecimento e a falta dos domínios do próprio conteúdo da química é uma queixa assumida, as vezes de forma explícita, por grande parte dos profissionais que se dedicam ao ensino da química. Outra inquietação era a falta de diálogo entre os dois campos (disciplinas específicas e pedagógicas). De um lado, havia o contexto do tecnicismo puro dos químicos com a integração de poucos debates humanísticos e culturais; de outro, havia os educadores químicos que pareciam usar conceitos e teorias muito frágeis e com pouco diálogo com a especificidade química.

Também o currículo apresentava uma particularidade: selecionava alunos mais pragmáticos, técnicos e pouco aptos ou desejosos de inquirições intelectuais de maiores envergaduras. Isso parecia relacionar-

---

<sup>4</sup> Nas aulas de Física III, por exemplo, parte da aula era sobre contextualização histórica.

<sup>5</sup> No ensino superior lecionei todas as disciplinas do currículo e tive experiência de quatro anos em indústria química.

se com subculturas do próprio currículo da química, que privilegia procedimentos desprovidos de conteúdos com exigências e rigor conceitual. Alunos bons e críticos tinham uma relação muito difícil com a química. Não conseguiam identificar núcleos de interesse e desistiam. Uma análise ainda parcial era que a química oferecia poucos instrumentos de pensamento, próprios da química, para ler o mundo. Minha percepção também é que se criava nos professores uma cultura endógena e com algumas especificidades, principalmente no tocante à personalidade e profissionalidade. Venho atribuindo esse problema à falta de esfera pública na química, ou ao esvaziamento de sua dimensão cultural, humanística e filosófica.

A partir de 2005, em meio as inquietações acima, reformulei a disciplina Evolução da Química e inseri elementos do emergente campo disciplinar da Filosofia da Química, e a denominei História e Filosofia da Química<sup>6</sup>. Orientei algumas monografias em nível de especialização com o tema filosofia da química. Fui coordenador, no ano de 2005, do VII EDUQUI<sup>7</sup>, um encontro bianual sobre educação em química do Estado da Bahia, Brasil. Esse evento, que teve como tema “Educação química: qual a sua singularidade?”, tinha como objetivo discutir a singularidade da educação química no contexto da educação científica e entender o papel da filosofia da química nesse contexto. Foi a primeira manifestação em prol da filosofia da química no âmbito do ensino de química no Brasil, debate que só foi consolidado no ano de 2012<sup>8</sup>.

Apesar do debate em filosofia da química já estar instalado e de o evento ter tido a participação de importantes investigadores, constituidores de uma comunidade epistêmica<sup>9</sup> sobre ensino de química no Brasil, a

---

<sup>6</sup> Inserida na reforma curricular nos cursos de Bacharelado e Licenciatura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), essa disciplina foi a primeira a ser proposta no Brasil. Foi alterada posteriormente para História, Filosofia e Prática de Ensino.

<sup>7</sup>[www.uesb.br/vieduqui](http://www.uesb.br/vieduqui), Acesso em: 25 jan. 2010

<sup>8</sup> Este foi um dos resultados e implicação da tese ao propor, no ENEQ de 2012, juntamente com outros investigadores essa temática na agenda do ensino de química no Brasil. Ver capítulo 4.

<sup>9</sup> Comunidade epistêmica é um conceito desenvolvido por Ball (1994) e, segundo pesquisa de Abreu (2010), os pesquisadores que participaram desse evento podem ser considerados formadores de uma comunidade epistêmica no ensino de química no Brasil.

discussão sobre filosofia da química não mostrou nenhum avanço. Esses fatos são evidências de um incipiente debate sobre a inserção das metaciências<sup>10</sup> na profissionalidade dos formadores de professores de química, mais particularmente da epistemologia e, no âmbito desse debate, de uma quase nula inserção da filosofia da química. No ano de 2013, ocorreu outra edição desse evento do qual fui integrante para debater o currículo. É perceptível que houve avanços, já há interlocutores, mas o discurso hegemônico ainda não foca na especificidade da educação química.

As referências teóricas utilizadas no ensino de química, no Brasil, eram, e ainda são, principalmente elementos da epistemologia geral, da pedagogia e da sociologia, necessários, mas insuficientes. Como relacionar o conhecimento da química, sua especificidade epistemológica com outros instrumentos da filosofia, da psicologia e da educação? Essa parecia ser a nossa intuição inicial e um campo de estudos ainda em aberto.

Ao lecionar a disciplina História e Filosofia da Química, imerso nas inquietações acima, tive inicialmente preocupações metodológicas. Queria entender como essa disciplina poderia ser ensinada melhor, junto com suas contribuições no campo de aquisição de habilidades de pensamento de ordem superior (ZOAR, 2004), pensamento crítico (JACOB, 2003), metacognição (ADÚRIZ-BRAVO, 2001; ZIMMERMAN, 1990; HARTMAN, 2001), aprendizagem significativa e integrada, via conceitos estruturantes (GAGLIARDI, 1986; RIBEIRO, 2003), superação de obstáculos conceituais e epistemológicos (LOPES, 1997), melhoramento da argumentação e do pensar científico.

Percebi, no exercício letivo, a minha grande dificuldade de trabalhar com essa disciplina, e também de meus pares<sup>11</sup>. Aparentemente, as dificuldades estavam relacionadas à falta de uma agenda de problemas, organização dos conteúdos e compreensão do lugar desse debate no

---

<sup>10</sup> Metaciências são metadiscursos sobre a ciência, são a história, a filosofia e a sociologia da ciência.

<sup>11</sup> Na minha universidade, de um total de 30 professores, durante conversas informais e em reuniões departamentais, os professores não mostravam nenhum interesse ou conhecimento sobre o assunto.

currículo e na formação do químico. Mas havia também questões maiores como o lugar que a química ocupa no conjunto dos saberes, os diálogos e as especificidades da química como ciência, bem como a resposta às principais questões do currículo de química. Química: O quê? Onde? Para quê?

Uma intuição, presente ainda na maioria dos professores, é que entre química e filosofia não havia nenhum diálogo possível. Essa inquietação foi partilhada nos mais diversos contextos, inclusive no congresso da ISPC do ano de 2012. De um modo geral, pensa-se que, mesmo que esse diálogo fosse possível, seria desnecessário para o exercício profissional, seja científico ou pedagógico. Portanto, são considerados dois campos completamente imissíveis<sup>12</sup>. Conforme afirma uma professora<sup>13</sup>: “Trabalhar com esta disciplina é muito difícil, foi a coisa mais difícil para mim, como professora. Não temos base em filosofia e não sabemos que conteúdos abordar. E os conteúdos são de difícil compreensão.”

Quando do meu afastamento para cursar doutorado, essa disciplina foi transformada e integrada à prática de ensino, mas os temas de filosofia da química foram retirados. A percepção é de que esses temas apresentam ainda dificuldade de transposição para o contexto do ensino. Mesmo em disciplinas como história da química, há muito presente no currículo, são privilegiados os aspectos factuais, sem se recorrer a uma história-problema, a uma história epistemológica. Outro professor<sup>14</sup>, um dos únicos no Brasil a trabalhar com essa temática, revela: “Me envolvi com esta temática porque gostaria que os alunos sofressem menos com o currículo de química”. O professor considera que o currículo de química oferece muita dificuldade de inteligibilidade em seus principais problemas e que o debate da filosofia da química propiciaria uma economia didática.

---

<sup>12</sup> Missibilidade ou imissibilidade é a propriedade de dois líquidos misturarem-se ou não.

<sup>13</sup> Conversa informal com uma professora da UESB, da subárea de ensino de química, que me sucedeu na docência da disciplina História e filosofia da Química. Foi solicitado um relato das dificuldades com essa disciplina.

<sup>14</sup> Conversa informal com um professor da UFBA que pesquisa esta temática e integra temas da filosofia da química no currículo.

Estas questões acima agora podem ter respostas mais esclarecedoras, a comunidade internacional de filosofia da química, institucionaliza na década de 1990, já é um campo disciplinar próprio, tendo um corpo de pesquisas e produções que o currículo de química não pode ou não deve deixar de levar em consideração. Esse campo já é capaz de subsidiar uma discussão no domínio do currículo de química. Seus atores são também professores, investigadores, membros de departamentos, logo também produtores do conhecimento escolar. Sua influência, entretanto, ainda não se faz sentir com tanta força no currículo escrito e na comunidade maior de químicos, professores de química e educadores químicos e na investigação em educação química. Isso é confirmado pela pouca citação<sup>15</sup>, mesmo em nível de doutorado em programas de educação (LOBO, 2006), ensino de ciências e química (OKI, 2006) e também em revistas especializadas<sup>16</sup>.

A necessidade da dimensão epistemológica e filosófica da ciência no ensino já é reconhecida por lei (BRASIL, 2001). Surpreendentemente, não existe<sup>17</sup> nenhuma pesquisa, nacional ou internacional, que aproxime o debate atual da filosofia da química de problemas do ensino de química. A caracterização da química, pelo menos no Brasil, tem sido feita pela obra de Gaston Bachelard (LOPES, 1997; LOBO, 2006). Embora Bachelard seja um filósofo extremamente importante, sua apropriação ao contexto do ensino de ciências e química é efetuada com base nas contribuições feitas à física e não à química. Bachelard é lido como um filósofo da física e não um autêntico filósofo da química<sup>18</sup>.

---

<sup>15</sup> Em pesquisa cientométrica feita em nível de especialização foram encontradas poucas citações dos principais artigos e dos periódicos na produção em educação química e ensino de ciências. Ver dados *web of science*, periódicos da Capes, CNPq (grupos de pesquisa).

<sup>16</sup>*Science & Education* (um número especial somente em 2012).

<sup>17</sup> Nos programas de pós-graduação no Brasil não há nenhuma tese sobre o assunto, bem como na base de dados da Capes e CNPQ. Na base de dados da Universidade de Lisboa também não há teses sobre o assunto. Na Universidade Autônoma de Barcelona também não há. Existem apenas artigos que abordam esses campos. Somente no ano de 2012 começa a estabelecer-se um debate sobre filosofia da química e ensino de química. Antes havia apenas alguns artigos dispersos.

<sup>18</sup> Um dos interlocutores do EDUQUI do ano de 2013 investigou exatamente esse problema. O mesmo integra o grupo de pesquisa "Investigações em currículo, filosofia e química", coordenado por mim.



Apesar de muitas pesquisas e intervenções da comunidade de educadores químicos, permanece, no currículo e na formação, o forte domínio da concepção tecnicista, empírico-analítica (MORADILLO, 2010), não se atingindo um nível de problematização na epistemologia dos conteúdos da química. Lopes (1997, p.132) relata que,

no campo de pesquisa em ensino de química, especialmente, ainda há uma dedicação quase exclusiva em problemas metodológicos, importantes para um projeto mais amplo de melhoria da qualidade da educação no país, mas insuficientes para compreensão dos espaços da sala de aula. A resolução desses mesmos problemas metodológicos exige que não sejam desconsiderados os aspectos epistemológicos, sociológicos e históricos que permeiam o fenômeno educacional. Caso contrário, corre-se o risco de não se compreender o porquê dos problemas enfrentados nas salas de aulas.

Dessa forma, podemos formular duas asserções centrais. A primeira é que a difícil relação entre filosofia e química é responsável por parte dos problemas do sistema pedagógico da química. Sendo assim, a filosofia da química, ao explicitar campos de problemas característicos da epistemologia, ontologia e axiologia da química, especificando os elementos característicos de sua *práxis*, pode e deve servir como um dos elementos fundantes das decisões curriculares e didáticas do ensino de química, contribuindo, assim, com uma gramática forte para o seu aparelho pedagógico, principalmente nos currículos de formação de professores. E a segunda é que, em função da ausência desse debate, no contexto do currículo e do ensino de química, os elementos da *práxis* química, discutidos pela filosofia da química, são transmitidos tacitamente, o que compromete todo o aparelho pedagógico da química. Ou seja, a química que se ensina não corresponde à química que se pratica.

Logo, como a filosofia da química pode ser integrada no currículo? Essa pergunta central direciona-se para outras perguntas: Quais as características do campo disciplinar da filosofia da química? Como está estruturada a dimensão crítica caracterizada pela relação entre filosofia, química e currículo na formação inicial de professores? Quais os elementos

característicos da práxis química que têm sido discutidos pelo campo da filosofia da química? Como esses elementos podem orientar e fundamentar uma práxis pedagógica e curricular nos cursos de formação inicial de professores?

Durante os últimos anos esses objetivos foram problematizados em algumas ações com a comunidade internacional de Química (ISPC, ENEQ, ENPEC, EDUQUI, IHPST, ECRICE). No ENEQ do ano de 2012, juntamente com outros investigadores, inclusive participe desta coletânea, essa temática foi institucionalmente inserida na agenda do ensino de química no Brasil. Pesquisar a estrutura filosófica do ensino de química passou a ser um objeto de pesquisa. De nossa tese de doutorado identificamos que, se quisermos aproximar a Química que se faz da química que se ensina; se quisermos construir um currículo crítico (HABERMAS, 1982; GRUNDY, 1987) em química; se quisermos inserir uma formação liberal, como *bildung* em Química (SJÖSTRÖM, 2007; ERIKSEN, 2002), temos antes que esclarecer a natureza da práxis química (RIBEIRO, 2014).

### **Estilos cognitivos, didáticos e epistemológicos da práxis química**

O pluralismo tem sido uma filosofia defendida pela generalidade dos filósofos da química (RIBEIRO; COSTA PEREIRA, 2012), entretanto, assumido tacitamente na prática química. Pensamos que esse seja o problema fundamental no campo da química, principalmente no discurso pedagógico, que funciona por princípios de seletividade e organização. Por exemplo, os atores do campo disciplinar da química (Professores, alunos e pesquisadores) reconhecem muitas características da práxis química, em sua grande maioria de forma tácita (RIBEIRO, 2014). A linguagem estrutural e simbólica; a criação de novas substâncias; razão prática; pragmatismo; a linguagem dos inobserváveis; o uso de modelos; diferentes níveis de descrições e análise; entidades inobserváveis; relacionalidade; relações ubíquas com técnicas e instrumentos; esquemas de classificações; fortes interações entre

Indústria, mercado e Universidade. No contexto da descrição epistemológica, o próprio Bachelard (2007, p.36), talvez o autor que mais escreveu sobre filosofia da Química, defende que “o pensamento químico oscila entre um pluralismo de um lado e a redução deste por outro”.

Qual a consequência de não assumir explicitamente o pluralismo Químico? Daremos aqui apenas alguns exemplos. Entendemos que esse é um projeto de pesquisa ainda em seu início no contexto da Química. Um exemplo é o pluralismo de contextos científicos (Educação, Justificação, Descoberta e Aplicação). Filósofos da Química consensuam que as sínteses químicas, principal atividade realizada nos últimos 200 anos, é essencialmente uma atividade criativa, orientado por valores estéticos, éticos e pragmáticos. Isto é, imerso completamente nos contextos de aplicação e descoberta. No currículo, entretanto, orientados pela Filosofia da Ciência tradicional e o positivismo lógico, ainda se prioriza o contexto da justificação. Também existe um pluralismo axiológico na química. Orientado pela Filosofia tradicional, o currículo ainda foca em valores cognitivos (verdade, simplicidade, coerência, universalidade)<sup>19</sup> não suficientes para compreender a complexidade do empreendimento tecnocientífico da Química que prioriza valores não epistêmicos, pragmáticos e utilitaristas como<sup>20</sup>: robustez, relevância social e econômica, sensibilidade ambiental.

Na ausência de um trabalho sistemático já realizado sobre a natureza da praxis química, propomos em nossa tese de doutorado o seu mapeamento. O fizemos de forma qualitativa, pelo cruzamento da literatura da Filosofia da Química com a literatura em educação Química e educação em geral. Identificamos domínios, dimensões, campos de problemas da *práxis* química, ou domínios transversais de especificidade entre química, filosofia e currículo. Para um trabalho inicial identificamos cinco domínios, as classificações, diagramaticidade, fenomenotecnia, dimensão tática e processualidade. Pensamos que estes

---

<sup>19</sup> Próprios da visão mertoniana

<sup>20</sup> Próprios da visão tecnocientífica (ECHEVERRIA, 2003), Gibbons et al (1994)

cinco domínios como elementos constitutivos e transversais a praxis química e, portanto, podem ser fundamentos para o aparelho pedagógico da química (RIBEIRO; COSTA PEREIRA, 2012). Instanciam diferentes estilos cognitivos, didáticos e epistemológicos, diferentes formas, portanto de perspectivar a química.

Alguns artigos de filósofos da química e de educadores químicos explicitam, reiteradamente, alguns desses domínios na organização do artigo ou na organização do livro: linguagem estrutural (SCHUMMER, 1998; KAYA; ERDURAN, 2012; BACHELARD, 1990, 2007); classificações (SCHUMMER, 1998; KAYA; ERDURAN, 2012; ERDURAN, 2007; LEFÉVRE, 2012; TALANQUER, 2011, 2012, BACHELARD, 1990, 2009); instrumentação (BAIRD; SCERRI; MCINTYRE, 2006; BACHELARD, 1990, 2009; CHAMIZO, 2012).

O artigo de Lefèvre (2012) traz explicitamente as classificações e o de Chamizo (2012) traz a tecnoquímica como uma forma de conhecimento químico. Isso indica que os filósofos da química têm produzido subespecializações indicativas de campos de problemas orientadores e característicos da práxis química. Por meio da análise dos artigos podemos fazer outra organização e sistematizar o debate da filosofia da química em algumas temáticas transversais. Pensamos nessas dimensões como domínios da práxis ou, ainda, como domínios transversais de especificidade, como campos que tenham um conjunto de problemas caracterizados por suas relações e que expressem uma relativa autonomia, definida por suas inter-relações.

É possível defender que cada um desses campos tem uma didática específica e uma forma particular de articular funções micro e macrocurriculares. Por serem estruturas inclusivas e transversais entre currículo, filosofia e química podem servir como fundamentos, como articuladoras e organizadoras do currículo. Em cada uma das dimensões situamos um filósofo/químico, utilizado como referência pelo debate da filosofia da química, que pode servir como ícone dessa dimensão, mas não esgota, evidentemente, a problemática dessa dimensão. Por exemplo, na

dimensão classificatória situamos Pierre Duhem, que trabalhou com termodinâmica ao propor as fundações da físico-química. Entretanto, esse autor é conhecido na filosofia da ciência por ter proposto uma teoria física como um sistema de classificação. Bachelard é outro autor que problematiza muito o problema das classificações em química, porém, seu trabalho mais reconhecido é sobre o racionalismo aplicado, o materialismo técnico racional e o fenômeno como fenomenotecnia.

Portanto, ao situar um filósofo/químico, queremos ressaltar a possibilidade de esse autor, pela interação com a problemática da química, ter evidenciado um aspecto transversal de especificidade da química: Duhem, as classificações; Peirce, a diagramaticidade, a relacionalidade e o pragmatismo químico; Bachelard, a fenomenotecnicidade da química, a interdependência entre instrumentos e especiação química; Progogine, a processualidade e historicidade da química; e Polanyi, a dimensão tácita e pessoal do conhecimento. Muitos outros autores, entretanto, se debruçaram sobre esses campos de problemas, bem como cada um dele estudou campos muito variados na química.

**Tabela 1 - Proposta dos domínios da práxis química**

Dimensões	Campos de Problema
Classificações	Mereologia (HARRÉ; LLORED, 2010) Sistema periódico: História, previsão, retrodição, (SCERRI, 2007) Classificações (LEFREVE, 2011) Essencialismo (HARRÉ, 2011; VIHALEMM, 2003a) Pierre Duhem (NEEDHAM, 2002) Ontologia para química macroscópica (NEEDHAM, 2005)
Processualidade	Ciência das relações (SOUKUP, 2005; BERNAL & DAZA, 2010; EARLEY, 2004; SCHUMMER, 1999a) Realismo processual estrutural (EARLEY, 2008a) Filosofia de processos (EARLEY, 1981, 2008a; STEIN, 2004) Emergência, auto-organização, ontologia de níveis (LUIZI, 2002) Influência de Prigogine na química (LOMBARDI, 2012; EARLEY, 2004) Moléculas como ecossistemas (REIN, 2004) Razão histórica, ideográfica (LAMŽA, 2010)

Diagramaticidade	Semiótica, visualização e estética (SCHUMMER; SPECTOR, 2007) Linguagem icônica, diagramática, explicação estrutural na orgânica (GOODWIN, 2008, 2008, 2009, 2009a) Estrutura molecular como instrumentos de papel (KLEIN, 2001) Paradigma estrutural em química (KLEIN, 2001; AKEROYD, 2000) Influência da química em Peirce (SEIBERT, 2001) Simetria e topologia como fundamentos matemáticos (EARLEY, 2000)
Fenomenotecnia	Metaquímica (NORDMANN, 2006) Revolução instrumental na química (SCHUMMER, 2006, 2002) Dependência espécie x instrumento (ROTHBART, 1999) Perspectivismo: Realismo prático e operativo (VIHALEMM, 2011; BENSUADE-VINCENT, 2009) Influência da química em Bachelard (BENSUADE-VINCENT, 2009) Filosofia dos instrumentos (BAIRD, 1993, 1999, 2004; ROTHBART, 1999, 2007) Tecniquímica (CHAMIZO, 2012) Tecnociência como identidade disciplinar da química (BENSUADE-VINCENT, 2010)
Dimensão tácita	Pensamento heurístico (NICOLE et al., 2009; TALANQUER; MAEYER, 2010) Contexto da descoberta (SCHUMMER, 2006) Razão prática (KOVAC, 2002) Estética (SCHUMMER, 1999, 2003, 2006; LASZLO, 2003) Polanyi e a química (NYE, 2002, 2011)

Fonte: elaboração própria.

A primeira dimensão é o próprio prolongamento da filosofia e da *história natural* que a química herda como necessidade de *classificação e descrição* das suas entidades naturais ou artificiais (VIHALEMM, 2007). É característico da razão taxionômica (CROMBIE, 1994). Historicamente, no século XVIII, essa dimensão ganha expressividade e alcança esplendor com o sistema periódico de Mendeleev (SCERRI, 2007). Atualmente busca-se sua axiomatização e fundamentação matemática, ainda sem sucesso (RESTREPO; PACHÓN, 2007).

A segunda dimensão é a *diagramática*, explicitada principalmente por Peirce, que se caracteriza pela criação de uma linguagem específica para comunicar, mas que também serve como ferramenta heurística de previsão e de explicação. Essa linguagem específica da química insere-se em outro domínio filosófico, o da filosofia *da imagem, do pensamento diagramático, do signo e da linguagem*, com outras contextualizações de conceitos epistêmicos de lei, teoria, e de um conhecimento não produzido nem transmitido unicamente pelo conceito, mas por diagramas, imagens. Essa dimensão inscreve-se em uma semiótica própria da química.

Historicamente alcança esplendor no século XIX, principalmente a partir de 1860, com a proposição das fórmulas estruturais de Berzelius. Atualmente há uma busca de sistematização teórica e matemática via topologia e simetrias (EARLEY, 2000).

Outra dimensão é a *fenomenotécnica*, uma dimensão própria da filosofia *experimental*, da relação com o instrumento e com a técnica. Tem sido a forma como tem sido entendida a racionalização da química e a forma como tem sido influenciado seu ensino desde os anos 1950. Pode ser exemplificada por muitas personalidades, mas tem, talvez, o seu expoente mais alto em Bachelard (2009), químico, professor de físico-química para quem um instrumento era uma teoria materializada. Defendeu o racionalismo aplicado e o materialismo técnico. Para Bachelard (2009, p. 104), “são os métodos que determinam a pureza... é, portanto, tão vão como falso separar o critério de pureza dos instrumentos que estudam”. O conhecimento químico é provocado.

Ainda outra dimensão é a dimensão *tácita* da qual a química dificilmente pode escapar, pois é parte constitutiva do seu objeto, já que, na relação dialética entre matéria e conceito, arte e ciência, a química não consegue mover-se completamente no terreno explícito como o da matemática, de uma linguagem universal, pois constrói linguagem ao mesmo tempo que constrói o seu objeto, já que o seu objeto não está pronto à sua espera. Como afirmam Bensaude-Vicent e Stengers, a Química é ao mesmo tempo terreno e território, teoria e empiria, conceito e imagem. Como consequência, não é possível falar em conteúdos de pensamento puramente declarativos em química, em conteúdos puramente proposicionais.

Essa dimensão é pré-linguística, é um contexto rico em heurísticas, em conhecimentos não formalizáveis, não algorítmicos, em intuições, quebras de protocolos, em um conhecimento dependente da pessoa. É um saber transmitido na relação mestre/aprendiz e na caracterização da química também como arte, em que os conhecimentos mobilizados não são apenas conceitos, proposições e diagramas, mas também práticas,

valores, heurísticas, códigos, inserindo-se, assim, em transferências de conhecimentos imersos na cultura e em sistemas axiológicos. Nesse sentido, há uma grande interação com aspectos sociológicos. Uma sociologia da química passa a ter grande importância e centralidade ainda não consideradas, mas evidenciadas, como visto no questionário, pelos práticos do campo.

Nessa dimensão destacamos o trabalho de Polanyi, físico-químico que trabalhou inicialmente como médico e que trouxe para a ciência a importância do papel do conhecimento tácito e da tradição. Polanyi evidenciava características da química como a inexatidão dos conceitos que expressam tendências, disposições; as muitas variáveis de contorno e as aproximações ao lidar com problemas de muitos corpos e situações reais.

Uma quinta dimensão é a processual. Ela entra num outro registro filosófico mais vinculado às problematizações do tempo, da dinâmica, da evolução, criação, irreversibilidade e à história. Entra em uma caracterização sistêmica<sup>21</sup> da química.

Enquanto na dimensão classificatória atenta-se principalmente 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. Nesse sentido, os estudiosos abordam o contexto da problematização do tempo e da irreversibilidade dos sistemas e outras concepções ontológicas. Essa dimensão tem sido discutida principalmente por Harré e Earley, que têm reiteradamente utilizado as referências a Whitehead e Leibiniz. Como representante de filósofo/químico, evidenciamos o trabalho de Prigogine sobre as estruturas dissipativas e os ritmos longe do equilíbrio. Ele considera como essenciais não as substâncias, mas as suas

---

<sup>21</sup> É difícil não deixar de fazer alusão às duas multiplicidades propostas por Bergson (1999). Ele coloca que existe duas multiplicidades, uma quantitativa e outra qualitativa. A quantidade é reduzida ao número, a qualitativa é heterogênea.



transformações, não o ser, mas o devir, Heráclito em lugar de Parmênides.

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.

Portanto, esses registros filosóficos e as várias identidades filosóficas da química produzem diferentes estilos cognitivos e didáticos. São estruturas de especificidades transversais e inclusivas entre currículo, filosofia e química que estabelecem campos de problemas com relativa autonomia. Logo, essas dimensões devem servir como ferramentas de avaliação, formação, planificação e desenho de programas de disciplinas, projetos pedagógicos, currículos etc.

Ao identificar as cinco dimensões penetra-se mais facilmente na natureza da química, na dimensão do pensamento e da ação química e esse procedimento revela-se, assim, um recurso formativo. É um recurso de análise e avaliação porque é possível identificar e antecipar problemas epistemológicos da química como também naturalizar conceitos primitivos, autonomizar práticas, naturalizar representação e naturalizar o instrumento.

### **Buscando um currículo como práxis**

O debate curricular elenca alguns objetivos a serem atingidos no ensino de química: professor reflexivo, empoderamento dos professores, intelectual crítico, superação da racionalidade técnica, humanização da técnica, sustentabilidade, contribuição da química para a humanidade. A necessidade de um currículo crítico é reiterada. Em contrapartida,

quando olhamos a literatura, documentos curriculares e falas de professores, existe muita dificuldade de inserção da crítica no currículo de química, entre as mais importantes podemos citar (RIBEIRO, 2014): historiografia positivista; produtivismo da investigação; endogenia da comunidade; filosofia tácita dos professores; currículo racionalista, disciplinar e fragmentado; foco da dimensão econômica e pouco na dimensão cognitiva; pouca relação da química com a filosofia; pluralismo da prática química. O currículo foca numa racionalidade operativa e pouco em uma racionalidade reflexiva. Um currículo crítico, como práxis, exige um forte empenho na competência reflexiva e papel acentuado as ciências críticas como a filosofia. Há aqui um trabalho intenso e próprio da filosofia da química, que apenas se inicia e este trabalho é parte desse movimento.

Como consequência da pouca reflexividade da comunidade química (VAN BRAKEL, 1999), o currículo não é orientado por uma estrutura explícita e específica no nível sintático (especificidade disciplinar), filosófico (reflexão sobre esta especificidade) e pedagógico (transmissão desta especificidade). Embora a história da química tenha conquistado o interesse de químicos e educadores químicos, a filosofia da química ainda não recebeu muita atenção (SCERRI, 2001). Desta forma, a química que é ensinada em todo o mundo implica uma posição filosófica caracterizada pelo positivismo filosófico e pedagógico (VAN BERKEL, 2000; ERDURAN, 2002; VAN AALSVOORT, 2004). Berkel (2005) caracteriza o currículo de química como rígido internamente e isolado externamente. É um currículo característico de uma ciência normal no sentido kuhiano: transmite o produto de uma ciência acabada; transmite algoritmos de forma dedutiva e problemas fechados. Contrariamente, filósofos da química têm caracterizado a química como: a ciência mais produtiva, pluralista e contextualista, complexa e real, criativa e imaginativa, diagramática, relacional e histórica.

## **Proposições curriculares: modelo, estruturas, dinâmicas e orientações**

Fundamentado na construção teórica acima, é possível propor alterações e inovações curriculares; explicitar formas de organização, integração e articulações curriculares. Por exemplo, é possível propor alterações em disciplinas de didática da química, estágio supervisionado, história da química, bem como pensar em um currículo integrado e articulado a partir da práxis química. Defendemos que em todos estes níveis de recontextualizações, como já dito antes, deva ser levado em conta a especificidade da química. Esta especificidade pode e deve ser pensada nos níveis sintático, filosófico e pedagógico.

### **Modelo e características do currículo**

Fundamentado da filosofia da química, é possível propor um currículo com as seguintes características:

1. Currículo acadêmico e crítico: tem nas disciplinas sua fonte, conteúdo trabalhado e articulado por filosofias específicas inscritas na química.
2. Transversalidade e interdisciplinaridade a partir dos conteúdos: tem nos conteúdos sua centralidade, contudo estes conteúdos são organizados por estruturas, dinâmicas e categorias específicas de sua filosofia.
3. Foco na competência reflexiva: o currículo mostra um equilíbrio entre formação técnica e humanista e privilegia uma competência reflexiva capaz de articular a competência técnica com a pedagógica.
4. Orientações, estruturas e dinâmicas curriculares: partir da problematização da filosofia da química podemos propor dinâmicas, estruturas e orientações curriculares transversais.
5. Orientações curriculares: dialética das tensões e antinomias; narrativa e recursividade (LAMZA, 2010); contextualidade e níveis; diagramaticidade e relacionalidade (SOUKUP, 2005; BERNAL & DAZA, 2010).
6. Dinâmicas e desenvolvimento curricular: estas categorias são geradas pelas dinâmicas: Complexificação e Coordenação (BACHELARD, 2009); Aproximações sucessivas às múltiplas contextualidades: *Top/Down* e *Bottom/up* entre as tensões químicas (LASZLO, 2012), Recuo e aproximação

entre conhecimento pessoal e algorítmico; Cruzamentos à múltiplos contextos e conceitos.

7. Estruturas e organização curricular: classificações, diagramaticidade, fenomenotecnia, processualidade e dimensão tática. Estas estruturas, dispostas no diagrama atrás, devem orientar a práticas de formação, análise e desenho de práticas curriculares e pedagógicas. Das cinco dimensões identificadas explicitamos diferentes princípios de organização dos conteúdos do ensino com diferentes estruturas didáticas e filosóficas.

## **Guias e orientações para a construção do currículo**

A partir dos debates na filosofia da química, é possível propor guias e orientações para a construção do currículo:

1. O currículo deve explicitar as tensões e antinomias da química e mostrar as seleções curriculares nos níveis sintático, pedagógico e filosófico.
2. Explicitar a filosofia do fisicalismo ainda como uma filosofia implícita no currículo de química.
3. O currículo deve explicitar os vários diálogos da química com os clássicos da Filosofia (Kant, Polanyi, Peirce, Aristóteles, Bachelard, Duhem, Platão; Leibniz, Hegel) e também diálogos interdisciplinares: História (característica idiográfica da Química e a possibilidade da Química como ciência pan-idiográfica), Física (principalmente o problema do reducionismo e do fisicalismo), Biologia (ciência de serviço, ética, emergentismo e superveniência), Linguística (paralelos entre a Linguística e a Química)
4. Organizar o currículo em atenção as categorias, dinâmicas e estruturas da práxis química. Atentando-se a coerência do desenvolvimento cognitivo da química;
5. Construir os programas de todas as disciplinas (específicas, pedagógicas, humanistas e culturais) em atenção as categorias, estruturas e dinâmicas da práxis química.

## **Integração, transversalidade, profundidade e crítica**

Como vimos, o contexto pedagógico da química apresenta forte resistência à integração de uma dimensão crítica (RIBEIRO, 2014).

Ribeiro (2014) defende a necessidade de buscar uma perspectivação<sup>22</sup> crítica para os conteúdos e currículo em química. Se existe a necessidade de sua integração, percebemos na prática sua quase ausência. Contudo, com a consolidação do campo disciplinar da filosofia da química, pensamos ser possível avançar nessa fronteira. Fundamentado no debate da filosofia da química e na nossa experiência letiva na frente da disciplina História e Filosofia da Química, explicitamos aqui algumas oficinas que podem ser aplicadas e transferidas para outros contextos pedagógicos. Esperamos assim contribuir com uma área de pesquisa ainda em expansão.

Oficina de argumentação e metacognição: Aplicar as dinâmicas no sentido de fazer o aluno pensar na química em seus múltiplos contextos, em movimento de Top Down e Button Up.

Trabalho com conceitos epistêmicos: Verificar a conceituação precisa no dicionário e problematizar como se relaciona com a química. Por exemplo, um conceito de causalidade, problema, teoria, lei, modelo e problematizar na filosofia da ciência e na química. Como estes conceitos são ressignificados na química?

Explicitar as tensões: Usar as tensões da química para permitir ao aluno fazer um flash da química. Isso permite uma compreensão panorâmica e integrada da química.

Diagrama fundamental: Utilizar o diagrama relacionando com o modelo complexo de ciência e com os saberes docentes para permitir o aluno um pensamento metacognitivo e integração com o conhecimento curricular em química.

Complexificar conceitos estruturantes: Uma vez identificado os conceitos mais importantes, estes seriam recursivamente complexificados em movimento de espiral ascendente.

Trabalhar com controvérsias químicas: Trabalhar com as controvérsias químicas cruzando com as dimensões da praxis, as dinâmicas, as categorias e as tensões químicas

Explorar os argumentos decisivos na história da química: Explorar estes argumentos relacionando com as categorias, dinâmicas e tensões da química.

---

<sup>22</sup> Na nossa tese de doutorado defendemos o perspectivismo química como uma abordagem curricular. Ou seja, não se trata de encontrar abordagens teóricas exógenas ao interesse Químico, mas trabalhar a química e encontrar perspectiva a partir de sua especificidade. Nesse sentido encontramos muitas correntes filosóficas que precisam ser explicitadas como: filosofia da classificação, dos instrumentos, semiótica, filosofia de processos, etc.

Estrutura conceitual de cada disciplina: Relacionar a estrutura conceitual de cada disciplina com as categorias, dinâmicas e tensões da química.

Descrição dos níveis do discurso químico: Simbólico, descritivo, explicativo e heurístico.

Linha do tempo: Construir linha do tempo para o laboratório, representações, sistema de classificações, instrumentos e técnicas, conceitos centrais e as diversas tensões da química.

## Conclusão

Mostramos neste trabalho que o debate da filosofia da química pode e deve iluminar questões curriculares em química. Propomos a organização deste debate e defendemos que esta organização pode servir de guia heurístico para o planejamento, formação, avaliação de práticas curriculares e didáticas.

A química é uma ciência fortemente inscrita em esquemas classificatórios; pensamento diagramático, simbólico, relacional, processual e heurístico; pela razão prática, influenciada por valores estéticos, criação e inovação; e dependente dos instrumentos e técnicas. Influenciado pela física, o contexto epistemológico da química e o seu aparelho pedagógico, tem escolhido um dos lados das antinomias químicas: substância/processos; axiomatização à classificação e ao diagramático; o nomotético ao ideográfico; o essencialismo ao relacional e processual. O currículo, orientado pela filosofia da química, parece exigir um maior diálogo entre as antinomias e inerentes tensões da química.

Pensamos que o currículo e a didática da química devam identificar-se com as estruturas do pensamento e da práxis química, da forma química de interagir com o mundo. Uma compreensão mais detalhada destas dimensões oferece ferramentas suficientes para uma *compreensão profunda* e uma coerência entre *pensar, intervir e comunicar*. Assim, partindo da problematização do próprio conteúdo da química, iluminado pela filosofia da química, o currículo poderá integrar práticas inter e transdisciplinares. Desta maneira o debate da filosofia da química pode

ter uma função instrumental no sentido de iluminar a práxis química e a praxis pedagógica no sentido de uma pedagogia emancipatória e crítica.

Pensamos também que a compreensão destas dimensões possibilite a integração da dimensão gnoseológica, axiológica, praxiológica e retórica dos conceitos químicos e dos conteúdos escolares em química levando necessariamente a que a educação química contribua com a uma literacia ou uma alfabetização científica humanista alargada

## Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A. A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. Trabalho de conclusão de curso (tese de Doutorado) - Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2001.

BACHELARD, G. **Filosofia do novo espírito científico**. Portugal: presença.

BAIRD, D. (1993). Analytical chemistry and the big scientific instrumentation. **Annals of Science**, United States, v.50, p.267-290, 1976.

BENFEY, T. Reflections on the Philosophy of Chemistry and a Rallying Call for Our Discipline. **Foundations of Chemistry**, New York, v.2, p.195-205, 2000.

BENSAUDE-VINCENT B. The chemists' style of thinking. **Ber.wissenschaftsgesch**, [S.l], n.32, p.365-378, 2009.

BENSAUDE-VINCENT, B. Chemistry in the french tradition of philosophy of science: duhem, meyersen, metzger and bachelard. **Studies in history and philosophy of science**, [S.l], v.36, n.4, p.627-848, 2005.

BENSAUDE-VINCENT.; SIMON, J. **Chemistry: the impure science**. London, uk: imperial college press, 2008.

BERNAL, A.; DAZA, E. E. On the epistemological and ontological status of chemical relations. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.2, n.2, 2010.

- BERSON, J. A. Fundamental theories and their empirical patches. **Foundations of Chemistry**, New York, v.10, n.3, p.147-156, 2008.
- BRAKEL, J. V. Chemistry as the science of the transformation of substances. **Synthese**, [S.], s.d], v.111, n.3, p.253-282, 1997.
- BRUCE KING, R. The Role of Mathematics in the Experimental / Theoretical / Computational Trichotomy of Chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.2, p.221-236, 2000.
- CALDIN, E. F. Theories and the development of Chemistry. **The British Journal for the Philosophy of Science**, [S.], v.10, p.209-222, 1959.
- CARRIER, M. Kant's theory of matter and his views on chemistry. In: E.,Watkins. (ed.). **Kant and the sciences**. Oxford: Oxford University Press, p. 205-230, 2001.
- CERRUTI, L. Chemicals as instruments: a language game. **HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 4, pp. 39-61, 1998.
- CHAMIZO J. A. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Eureka, Revista de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Cádiz, v. 7, p.26-41, 2010.
- CHAMIZO, J. A. Technochemistry. One of the chemists' ways of knowing. [S.], s.d], **Foundations of Chemistry**, v.15, Issue 2, p. 157-170, 2012.
- COUTINHO, M. S. P. **Racionalidade Comunicativa e Desenvolvimento Humano em Jurgens Harbermas**: Bases de um 'pensamento educacional. Lisboa: Edições Colibri, 2002.
- CROMBIE, A. C. Styles of scientific thinking in the European tradition. London: Duckworth, 1994.
- DEBUS, A. G. A longa revolução química. **Ciência hoje**, São Paulo, 13, 34, 1991.
- DUHEM, P. **Le mixte et la combinaison chimique**: essai sur l'évolution d'une idee. Paris: C. Naud, .



EARLEY, J. Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy. In: NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES. **Annals.....** New York Academy of Sciences, 2003.

EARLEY, J. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**. New York, v.6, p.137-160, 2004.

EARLEY, J. A New 'Idea of Nature' for Chemical Education. **Science & Education**, New York, Online first, 29 jul., 2012.

ECHEVERRÍA, J. **La Revolución tecnocientífica**. Fondo de cultura económica de España, 2003.

ECHEVERRÍA, J. **Filosofía de la ciencia**. Madrid, Akal, 1995.

ERIKSEN, K. K. The future of tertiary chemical education a Bildung focus? **HYLE--International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v. 8, n.1, p. 35-48, 2002.

GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], v.4, n.1, p.30-35, 1986.

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

GRUNDY, S. **Curriculum:Product or Práxis?** The falmer press. Deakin studies in education series 1.[S.l.], 1987.

HABERMAS, I. **Conhecimento e interesse**. Rio de janeiro: Zahar, 1982.

HARRÉ, R.; LLORED, J. Mereologies as the grammars of chemical discourses. **Foundations of Chemistry**. New York, 2010.

HARTMAN, H. J. Teaching metacognitively. In: Hartman, H. J. (ed.), **Metacognition in learning and instruction: Theory, research and practice**. Boston: Kluwer, 2001.

HOFFMANN, J. R. How the models of Chemistry vie. **PSA**, [S.l.], v.1, p.405-19, 1990.

- JACOB, C. Critical Thinking in the Chemistry Classroom and Beyond. **Journal of Chemical Education**. Washigton, v.81, n.8, 2003.
- KOVAC, J. Professional ethics in physical science. In: Baird, E. Scerri; McIntyre, L., (eds.). **Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline**. **Boston Studies in the Philosophy of Science**, v. 242, Dordrecht: Springer, p.157-169, 2006.
- KOZMA, R.; RUSSEL, J. Representational competence's profile of pre-service chemistry teachers in chemical problem solving in science and science education. In: J. K. Gilbert (ed.). **Visualization in Science Education**. Springer: The Netherlands, 2007.
- LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Why Orbitals Do Not Exist? **Foundations of Chemistry**. New York, v.12, n.2, p.149-157, 2010.
- LAINING, M. A Revised Periodic Table: With the Lanthanides Repositioned. **Foundations of Chemistry**. New York, v.7, n.3, p.203-233, 2005.
- LAMŽA, L. How much history can chemistry take? **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.16, n.2, p.104-120, 2010.
- LARRÈRE, C. Ethics and Nanotechnology: The Issue of Perfectionism. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.16, n.1, p.19-30, 2010.
- LASZLO, P. Chemical Analysis as Dematerialization. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.4, n.1, p. 29-38, 1998.
- LEFÈVRE, W. Viewing chemistry through its ways of classifying. **Foundations of Chemistry**. New York, v.13, n.3, 2011.
- LOBO, S. F. **A licenciatura em química da UFBA: Epistemologia, currículo e prática docente**. Trabalho de conclusão de curso. (tese de Doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.
- LOPES, A. C. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, São Paulo, v.20, n.5, p.563-568, 1997.

LUISE, P. L. Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence. **Foundations of Chemistry**. New York, v.4, p.183-200, 2002.

MATTHEWS, M. **Science teaching**: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.

MCCOMAS, W. F. **The nature of science in science education**: rationales and strategies. Kluwe: The Netherlands, 2004.

MCINTYRE, L. The Emergence of the Philosophy of Chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.1, p.57-63, 1999.

MEYERSON, E. **Identity and reality**. London: Allen and Unwin, 1930.

MITTASCH, A. **Von der chemie zur philosophie**. Ebner: Ulm, 1948.

MORADILLO, E. F. **A dimensão prática na licenciatura em química da UFBA: possibilidades para além da formação empírico-analítica**. Trabalho de conclusão de curso. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia, 2010.

NEEDHAM, P. Aristotelian chemistry: a prelude to duhemian metaphysics. **Studies in History and Philosophy of Science**,[S. l.], v.26, p.251-269, 1996.

NEEDHAM, P. **Pierre duhem mixture and chemical combination, and related essays**. Dordrecht: Kluwer, 2002.

NEWMAN, M. Chemical supervenience. **Foundations of Chemistry**. New York,, v.10, n.1, p. 49-62, 2008.

NORDMANN, A. From metaphysics to metachemistry. In: Baird, Davis; Scerri, Eric; McIntyre, Lee (eds.). **Philosophy of Chemistry**: synthesis of a new discipline. Boston Studies in the Philosophy of Science, Dordrecht: Springer, 2006.

OLIVA, R.; DRAGO, A. Atomism and the Reasoning by a Non-Classical Logic. **HYLE - An International Journal for the Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.5, n.1, p.43-55, 1999.

OSTROVSKY, V. N. What and How Physics Contributes to Understanding the Periodic Law. **Foundations of Chemistry**. New York, v.3, n.2, p.145-182, 2001.

PANETH, F. A. The epistemological status of the concept of element. **British journal for the philosophy of science**, Oxford, v.13, n.1, p.144-60, 1962.

PAULING, L. The Place of Chemistry in the Integration of the Sciences. **Main Currents**, [S.], v.7, p.108-11, 1950.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

POLANYI, M. **Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy**. Chicago: The University of Chicago Press, 1958.

POMBO, O. Operativity and representativity of the sign in Leibniz. in Olga Pombo; Alexander Gerner (Eds.) (2010), **Studies in Diagrammatology and Diagram Praxis**, London: College Publications, pp. 1-11, 2010.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas - tempo, caos e leis da natureza**. São Paulo: Editora Unesp, 1996.

PRIMAS, H. Chemistry, Quantum mechanics and reductionism: perspectives. In: \_\_\_\_\_. **Theoretical Chemistry**. New, Yourk: Berlin-Heidelberg, 1981.

PUTNAM, H. **Mind, Language and Reality**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

REIHER, M. The systems-theoretical view of chemical concepts. **Foundations of Chemistry**. New York, v. 5, p.147-163, 2002.

RESTREPO, G.; VILLAVECES, J. Mathematical Thinking in Chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v.18, n. 1, p. 3-22, 2012.

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

RIBEIRO, M.A.P. **Um estudo do conceito de emergência na literatura atual**. Trabalho de conclusão de curso. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

ROTHBART, D. Spectrometers as Analogues of Nature. **Philosophy of Science Association(PSA)**, [S.I], v.1, p.141-148, 1994.

ROTHBART, D. On the relationship between instrument and specimen in chemical research. **Foundations of Chemistry**. New York, v.1, n.3, p.255-268, 1999.

RUTHENBERG, K.; HARRÉ, R. Philosophy of Chemistry as intercultural philosophy:Jaap Van Brakel. **Foundations of Chemistry**, New York, Firsty Online, 08 August, 2012.

SACKS, L. J. Concerning the position of hydrogen in the periodic table. **Foundations of Chemistry**. New York, v. 8, n.1, p.31-35, 2006.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 10.ed. [S.I, s.d].

SCERRI, E.; MCINTYRE, L. (1997). The Case for Philosophy of Chemistry. **Synthese**, [S.I], v. 111, p.213-232, 2008.

SCHÖN, D. **Educando o Profissional reflexivo**: Um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SCHUMMER, J.; SPECTOR. The Visual Image of Chemistry: Perspectives from the History of Art and Science. **HYLE- International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.13, p. 3-41, 2007.

SEIBERT, C. Charley peirce's head start in chemistry. **Foundations of Chemistry**. New York, v. 3, n.3, p.201-206, 2001.

SJÖSTRÖM, J. Beyond classical chemistry: subfields and metafields of the molecular sciences. **Chemistry International**, [S.I], v.28, p.9-15, 2006.

SNOOKS, R. J. Another scientific practice separating chemistry from physics: thought experiments. **Foundations of Chemistry**. New York, v.8, n.3, p.255-270, 2006.

SOUKUP, R. W. Historical aspects of the chemical bond: chemical relationality versus physical objectivity. *Monatshefte für chemie*, v.136, 2005.

STEIN, R. Towards a process philosophy of Chemistry. **HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry**, Berlin, v.10, n.1, p.5-22, 2004.

STOKES, D. E. Pasteur's quadrant. Washington: Brookings institution press. **Scientometrics**, v.39, p.125-140, 1997.

TALA, S. Unified view of science and technology for education: Technoscience and technoscience education. **Science & Education**, New York, v.18, p.275-298, 2009.

TALANQUER, V.; MAEYER, J. The role of heuristics in students thinking: Ranking of chemical substances. **Science Education**, New York, v.94, n.6, p.963-984, 2010.

VAN AALSVOOR, J. J. Logical positivism as a tool to analyze the problem of Chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. **International Journal of Science Education**, Washigton, v.26, p.1151-1168, 2004.

VAN BERKEL, B. et al. Normal science education and its dangers: The case of school chemistry. **Science & Education**, New York, v.9, p.123-159, 2000.

VAN BERKEL, B. **The structure of current school chemistry**: A quest for conditions for escape. Tekst. Proefschrift Universiteit Utrecht, 2005.

VIHALEMM, R. Are Laws of Nature and Scientific Theories Peculiar in Chemistry? Scrutinizing Mendeleev's Discovery. **Foundations of Chemistry**. New York, v.5, p.7-22, 2003.

WHITEHEAD, A. N. **Process and Reality**. New York: Macmillan, 1929 - 1978.

ZIMMERMAN, B. J. Self-regulated learning and academic achievement: an overview. Educational. **Psychologist**, v.25, n.1, p.3-17, 1990.

ZOAR, A. **Higher order thinking in science classrooms**: Students learning and teacher's professional development. Dordrecht / Boston / London: Science & technology library. Kluwer academic publishers, 2004.

**Ernst Cassirer:  
da Filosofia da Química à Semiótica**

*Waldmir Nascimento de Araujo Neto*<sup>1</sup>

O objetivo do presente texto é oferecer ao leitor uma trajetória pessoal. Recortes, escolhas de caminhos, uma história que tem início na atração pela Filosofia, pela Filosofia da Química, e que desdobra-se por uma paixão pela Semiótica. O caminho que ofereço não é trivial. Queria estudar a Representação e acabei por encantar-me pela Cultura. Claro que não larguei a Representação, mais do que um objeto de pesquisa, transformei-a em campo ideológico, um espaço de luta contra qualquer posição dogmática ou asséptica de modelização ou mentalização. Nas linhas que seguem vou falar daquele que me trouxe até aqui: Ernst Cassirer (1874-1945). Por elas mostrarei algumas formas do conhecimento proposto por Cassirer, como ele me influenciou, certo de que nisso reside a centralidade de minha relação original com a Filosofia da Química, e a janela para perceber a importância da Semiótica. Não há aqui, nem poderia haver em verdade, qualquer pretensão de esgotar a Filosofia da Cassirer, mas se puder provocar você um pouco, se puder chamar sua atenção para o potencial transformador da filosofia de Cassirer, esse texto terá cumprido muito bem a sua intenção.

Ernst Cassirer tem um papel central tanto no meu encontro com a Filosofia da Química, quanto na escolha da Semiótica como campo de trabalho, pesquisa, e forma de ver o mundo. Eu encontrei Cassirer pelas

---

<sup>1</sup> Leseq - Laboratório de Estudos em Semiótica e Educação Química - Instituto de Química - UFRJ.

mãos do querido mestre Michel Paty em uma disciplina do doutorado na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Eu era então aluno da Faculdade de Educação, mas a USP tinha aquilo de especial, conferir liberdade e autonomia, e sob a tutela do meu orientador, Marcelo Giordan, e indicação de Maurício Pietrocola, meu co-orientador, estava matriculado na disciplina “Filosofia da Ciência: a criação científica” (FLF-5043). O interessante é que Cassirer, ou a sua filosofia, não estava no plano da disciplina, mas Paty tinha o hábito de conversar conosco, em particular, ao fim das aulas, e na minha conversa, após dizer da minha pretensão de entender os processos de representação na química, Paty me perguntou: você já leu a “Filosofia das Formas Simbólicas”? Minha negativa envergonhada trouxe um sorriso ao mestre, e assim que retornei ao Rio fui correndo até a Livraria Leonardo Da Vinci e consegui um exemplar do terceiro volume, em espanhol, pela Fondo de Cultura do México. Começou exatamente assim, e foi criando corpo pelas conversas, no grupo de Marcelo, com Jackson Góis, Silvia Dotta, Adriana Posso, Luciana Caixeta, sobre representação, filosofia, linguagem entre outros temas próximos e de interesse ao nosso trabalho. As questões acerca da linguagem eram de caráter crucial nos encontros do grupo de pesquisa de Marcelo, e Cassirer começava a oferecer uma aproximação entre linguagem, química e filosofia.

A química não se converteu em ciência exata somente através do refinamento constante de seus métodos de medida, mas fundamentalmente por meio do aperfeiçoamento de seus instrumentos intelectuais, isto é, através do caminho que teve de percorrer desde a simples fórmula química até a fórmula estrutural. Em termos muito gerais o valor científico de uma fórmula não só consiste em resumir situações empíricas dadas, mas em provocar de certo modo novas situações. A fórmula estabelece problemas de relações, conexões e séries que precedem a observação direta. É dessa forma que uma fórmula chega a ser um dos maiores meios importantes, ao qual Leibniz chamou de “lógica do descobrimento”, a *logica inventionis*. (CASSIRER, 1998, p. 511).



A partir desse encontro fui mergulhando na literatura, e percebi que outros autores reconheciam o lugar de Cassirer no estudo das representações em química (SCHUMMER, 1998). À época eu ainda procurava na ontologia um caminho para o esclarecimento das formas de uso das representações estruturais na sala de aula. Eu queria entender a natureza do ser representação, e confrontar essa resposta com o ser do ente químico ao qual àquela representação correspondia. Por isso, sempre tinha por perto um conjunto de referências com as quais procurava estruturar meus textos, trabalhos e caminhos a percorrer: Joachim Schummer, Olimpia Lombardi, Ursula Klein, Johanna Seibt. A influência desse trabalho repercutiu no agir, na forma de praticar o ensino de química, eu esperava, a partir da própria prática, construir novos sentidos sobre a representação na química. Mas era necessário também ir ao encontro desse grupo, e a partir dos contatos na reunião anual da Sociedade Internacional de Filosofia da Química (ISPC), convidei Joachim e Olimpia para virem ao Rio de Janeiro no primeiro evento de Filosofia da Química no Brasil (PhilChem One), realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro, como apoio do Instituto de Química da UFRJ e da FAPERJ. O PhilChem One aconteceu no dia 30 de Novembro de 2011, como um dos eventos do Ano Internacional da Química do IQ-UFRJ. Além de Joachim Schummer e Olimpia Lombardi, o evento contou com a presença de Nelson Bejarano do IQ-UFBA. Após esse dia de palestras, Joachim ministrou um curso em quatro sessões durante dois dias debatendo algumas questões da pesquisa em filosofia da química.

À medida que mergulhava nos textos e nos espaços desse campo eu conseguia perceber melhor tanto as regiões quanto seus contornos e fronteiras. Participar dos eventos da ISPC permitiu aproximações ainda maiores, mas também trouxe o entendimento de que eu desejava estudar um tema que tinha pouca interlocução na área. Já havia sido assim pela mão do próprio Cassirer. A escolha da Filosofia das Formas Simbólicas como um caminho de referência para meus estudos em ensino de

química implicava em desafios, que mais à frente me levariam a novos caminhos. Cassirer discutia as fórmulas químicas como argumento, como elemento de registro e de criação, uma ferramenta simbólica que tinha seu lugar no desenvolvimento próprio da disciplina.

Já a simples fórmula química na qual se expressa meramente o tipo dos átomos contidos em uma certa molécula, assim como seu número, está cheia de indicações sistemáticas frutíferas. Assim, por exemplo, quando essa linguagem de fórmulas expressaram certos compostos de cloro, hidrogênio e oxigênio como  $\text{ClOH}$ ,  $\text{ClO}_3\text{H}$ ,  $\text{ClO}_4\text{H}$ , já nesta lista se propôs a pergunta pelo “membro faltante” dessa série, por um composto  $\text{ClO}_2\text{H}$ , que pode ser descoberto uma vez que, por assim dizer, se havia determinado previamente seu lugar. Aqui se ressalta o valor cognoscitivo inerente a toda linguagem científica metodicamente construída. Essa linguagem nunca é uma mera denominação para algo dado e existente, mas um sinal que aponta para um terreno novo e todavia inexplorado, conduzindo a um processo de interpolação e extrapolação. (...) Essa característica ressalta com maior clareza se considerarmos o estado de evolução que se encontra na fórmula química quando se converte propriamente em uma “fórmula constitutiva”. Uma fórmula constitutiva, como aquela proporcionada por Baeyer para o índigo, coloca uma estrutura autenticamente genética no lugar de uma descrição empírica, convertendo-se em um enunciado não somente sobre o “que”, mas também sobre o “como”. (CASSIRER, 1998, p. 511).

Cassirer dedicou a primeira década da sua carreira à epistemologia, e agregou à esse momento os trabalhos de Descartes e Leibniz. Todavia, sua grande realização foi em uma reflexão sobre a cultura. Cassirer havia sido um estudante da literatura alemã antes de se voltar para filosofia. Segundo estudiosos em Cassirer (SKIDELSKY, 2008), ele acumulava vários escritos em estética, e mesmo os seus escritos em matemática e ciência foram feitos através de uma “distinta sensibilidade estética” (ibid. p. 71). Cassirer era considerado estético entre os racionalistas e racionalista entre os estéticos. Particularmente influente em Cassirer foi o grupo de escritores e pensadores ao redor do poeta Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), tais como: Johann Gottfried Herder (1744-1803), Friedrich Schiller (1759-1805), Friedrich Wilhelm Joseph Schelling

(1775-1854), Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831), e Alexander von Humboldt (1769-1859). O que atraiu Cassirer para esse grupo diverso foi sobretudo sua oposição ao racionalismo, rejeitavam a identificação da razão como marca distinta da humanidade, e a correspondente exaltação da matemática e da ciência natural como conquistas humanas. Esse grupo acusava o racionalismo de ser o motor de uma degradação sensorial e emocional da vida humana, condicionando esses atributos a um resíduo biológico, algo que deveria ser superado. A humanidade, o agir e o estar no mundo como ser humano não poderiam ser reduzidos à racionalidade, a espécie humana não poderia ser tomada como um ser = (animal + razão).

Assim, isso que chamamos a “natureza”, a existência das coisas, nos é apresentada sempre como uma mera “rapsódia de percepções”. (...) Toda percepção, enquanto tal, só está dada diretamente a um observador nas condições espaço-temporais às quais ele se encontre. (CASSIRER, 1998, p. 473).

Ao conferir à percepção o papel de agente central da lida com a natureza, Cassirer humaniza a razão, e permite que se tenha instabilidade ao lidar com os dados que apreendemos das vivências, e das atividades empíricas. Ele destrói qualquer rigidez e instala sentido dialético nesse processo de voltar-se para o mundo natural.

Não é de forma alguma óbvio, aliás, é até inicialmente incompreensível como a percepção pode sair desse isolamento, como ela consegue se “conectar” a outras percepções. Afinal, justamente essa conexão parece exigir uma reunião de elementos que não apenas têm de ser pensados como acidentais, como também devem ser pensados fundamentalmente como não similares. Sem a heterogeneidade que lhe é própria, a percepção não parece poder ser percepção, pois sem ela a percepção está ameaçada de perder essa particularidade qualitativa, que pertence à sua essência. (...) Nessa antinomia reside o começo, a semente dialética de toda conceituação científico-natural. (CASSIRER, 1998, p. 474).

A percepção joga um papel central no fazer, no criar as coisas do mundo. O sujeito que percebe opera o mundo com sua linguagem, e a linguagem não entra como uma instância produtora de rótulo de coisas acabadas, uma produtora de nomes puros, signos exclusivamente arbitrários. A linguagem é em si o espaço para a produção do significado desses objetos, o mais importante e o mais perfeito instrumento para a construção desse mundo de objetos.

O enfrentamento que Cassirer empenhou contra o racionalismo me acolhia teórica e afetivamente. Penso que, de certa forma, somos afetos de nossos teóricos de referência, somos apadrinhados, acalentados, e claro, também brigamos, rompemos, distanciamos, e voltamos transformados. Me parece importante ter uma relação, *stricto sensu*, com esses sujeitos, com suas histórias, caminhos e ideias. A filosofia de Cassirer sempre me pareceu promissora por sua conexão estrita com a antropologia, com a psicologia e com a cultura. Eu vi nesses aspectos um tipo de solo fértil para plantar algumas árvores no terreno da educação. As questões trazidas por Cassirer implicavam uma nova teoria da cultura, e principalmente pela sua convicção de que aquilo que distinguia a humanidade dos outros animais não era a posse de uma faculdade nobre, mas a capacidade especial, diversificada e ainda não plenamente compreendida de expressão pessoal. Ou seja, Cassirer me oferecia uma oportunidade de deslocar a produção de sentido de um *locus* interno para o meio externo. Tirar as razões do ser do domínio do mental e entregá-los de volta para o agir, para o fazer, para o estar no mundo. Com Cassirer veio a possibilidade de corporificar o conhecimento, perceber que o sujeito do conhecimento é uma necessidade dialética, um polo. Essa influência em Cassirer é tomada da sua influência Hegeliana.

(..) está bem claro que, para Hegel, esse aparecer não tem nada a ver com percepção consciente: não importa com o que a mente dos indivíduos se preocupa enquanto eles participam de uma cerimônia, pois a verdade está na própria cerimônia. (VERENE, 1969, p. 41).

As formas de expressão humana são a linguagem, a arte e o mito. Como contribuições para o conhecimento elas podem ser julgadas pequenas, mas como funções do ser humano no mundo, são indispensáveis. Com Cassirer o foco racionalista teve uma nova interpretação da ciência, e abriu caminho para um novo interesse na cultura humana. Todas as criações humanas são manifestações da humanidade, e são os caminhos pelos quais nos colocamos no mundo. Essa interpretação romântica abraçou o conceito kantiano de determinação pessoal (*selbstbestimmung*) procurando expandi-lo além das fronteiras da razão pura. Nossa vida emocional não é simplesmente patológica, como pretendia Kant. A interpretação romântica concordava com Kant no abandono de qualquer tipo de reducionismo natural, não poderia haver uma natureza humana meramente biológica, a vida humana tinha de ser uma vida completa, e para isso ela tinha de ser moldada na cultura.

Por isso, e com relação à Cassirer, o romantismo alemão é melhor compreendido não como uma rejeição da herança kantiana, mas como uma transformação. A Filosofia das Formas Simbólicas tentou estender a espontaneidade produtiva da razão para toda a vida humana. O mundo permanece como uma esfera de mediação, mas esse processo medial é transferido da ciência para a cultura. Nossa relação com a realidade não é mais uma prioridade do conhecimento, mas uma função de categorias inclusivas de sentido. Damos forma ao mundo muito antes de um senso estrito de conhecimento, e a ciência é apenas um caso da atividade geral de formação simbólica. Isso permitiu a Cassirer retomar a dignidade da linguagem, da arte e do mito. Enquanto se mantivesse a relação com o mundo meramente em termos de conhecimento, essas formas seriam vistas como expressões subjetivas da emoção, como meros erros primeiros. Por outro lado, se tomarmos a produção de sentido como o elemento básico da atividade humana no mundo, podemos reconhecê-las como atividades autônomas, modos irredutíveis de construir o mundo.

Entretanto, a filosofia das formas simbólicas não é uma ressurreição da filosofia romântica alemã, pois aqueles românticos originais rejeitavam ou ignoravam, por exemplo, a ciência Newtoniana. Por isso, Cassirer manteve-se suficientemente Kantiano para não seguir nesse caminho. Ao invés de rejeitar o protocolo da ciência, Cassirer categorizou-a como “a maior e a mais característica realização da cultura humana” (CASSIRER, 1944). A filosofia de Cassirer mantinha-se próxima ao projeto da Escola de Marburgo de humanizar a ciência, de integrá-la em um contexto normativo mais amplo. O projeto particular de Cassirer foi de apresentar a ciência como uma expressão, de capacidade simbólica semelhante à arte, à linguagem e ao mito, absolvendo-a da inumanidade. Para isso Cassirer posicionou-se entre duas grandes influências: Goethe e Aby Warburg (1866-1929).

Como pontuei anteriormente, diferentes autores da corrente romântica influenciaram Cassirer, mas nenhum deles foi tão marcante quanto Goethe. Ele permitiu que Cassirer se desatasse das amarras neo-kantianas, ao tomar a crença na objetividade da imaginação artística como o sumário de partida para a criação das formas simbólicas. Goethe considerava a arte como um retiro para a fantasia e o desejo que permitia uma demonstração da imaginação para a compreensão da realidade. A beleza não é uma impressão subjetiva, mas a produção de sentidos a partir de formas reais, um exercício de ordenação do real. A objetividade não necessita estar limitada às ciências matemáticas ou naturais, ela deve compor também outras formas não científicas. Não somente a ciência, mas também a arte deveria ser um elemento de constituição do mundo. A arte não se posiciona como um elemento pictórico, mas definidor da construção da vida humana.

Segundo John Michael Krois, a filosofia de Cassirer deve tanto ou mais a Goethe quanto deve a Kant, apesar de insistirmos em rotulá-lo como um filósofo neo-kantiano (KROIS et. al, 2007). Goethe creditou a Cassirer uma inovação filosófica de fundamental importância: a criação de uma nova concepção de "forma". Para Goethe, a forma não era

estática, mas sim passava por transformações permanentes, tal e qual em um sentido de desenvolvimento. Para expressar essa ideia, Goethe cunhou a palavra "Morphologie" (KESTLER, 2006). Hoje, esse conceito é encontrado em inúmeras ciências além da biologia, mas desde o início dos seus escritos sobre representação e seu lugar na criação do conhecimento humano, Cassirer adotou a concepção morfológica de forma de Goethe. Quando ele falou sobre a "Filosofia das Formas Simbólicas", a noção de "forma" nessa frase veio de Goethe, e não de Kant ou Platão. Basicamente, a concepção morfológica da forma implicava tratar a organização estática como uma questão de transformação contínua. Por esse caminho, Cassirer atreveu-se a defender que um dos conceitos mais atemporais na filosofia, o de forma, fosse tratado como um processo. Do ponto de vista morfológico, mesmo as formas invariantes não são estáticas, pois a invariância ocorre ao longo do tempo. Essa transformação permanente decorria implicitamente de uma visão Goethiana de condicionamento fático à teoria.

Então se comprova a verdade e a profundidade da frase de Goethe: o melhor seria reconhecer que todo o fático já é teoria. Não há facticidade alguma como dado absoluto, definitivo e imutável. O que chamamos de fato tem que estar orientado teoricamente de algum modo, tem que ser visto em função de certo sistema conceitual e tem que estar implicitamente determinado por ele. Os meios teóricos de determinação não se agregam posteriormente ao meramente fático. (CASSIRER, 1998, p. 475)

Outra influência foi Aby Warburg, e Cassirer chegou até ele por ter assumido uma posição na Universidade de Hamburgo. A "Kulturwissenschaftliche Bibliothek Warburg" continha material sobre arte, mito e linguagem que seriam indispensáveis para a pesquisa de Cassirer. Lá ele entrou pela primeira vez em 1920, e teve Fritz Saxl (1890-1948) como apresentador e posteriormente como companheiro nas pesquisas. Aby Warburg havia sido acometido por um colapso mental em 1918, e internado em um sanatório na cidade de Kreuzlingen.

A biblioteca incorporava a visão múltipla de cultura e produção de sentido que estava sendo desenvolvida filosoficamente por Cassirer, e seu acervo dava atenção especial ao estudo da representação, da expressão emocional em gestos, rituais e pintura (WARBURG, 2013). Cassirer alinhou suas posições filosóficas com a visão de Warburg sobre a cultura, e enfatizou o primado da ação ritual no surgimento dela ao longo da história da humanidade. Com acesso ao material da biblioteca, Cassirer pode construir argumentos críveis sobre o papel do agir, da corporificação dos objetos da cultura na construção do conhecimento. Ele considerava que não são as meras observações, mas as ações que configuram-se como meio que organiza a produção intelectual da humanidade. Cassirer concordava com Aby Warburg sobre a ação ritualizada ser mais elementar do que a linguagem, ou seja, criava um lugar no conhecimento humano para as narrativas que chamamos de "mitos", ou explicações sobre o que as pessoas fazem. Os humanos primeiro se envolvem em ações rituais e depois interpretam-nas verbalmente. Essa posição está alinhada com o que Cassirer tomava de Wilhelm von Humboldt (1767-1835) sobre o idioma como uma energia, como uma questão de fazer, e só depois sendo estabelecido como sistema.

Diante da necessidade de compreender amplamente os desafios da linguagem, e tendo como núcleo o ambiente intelectual da Universidade de Hamburgo, Cassirer mergulhou no estudo de certas patologias, e o estudo da afasia mostrou a Cassirer duas coisas. Primeiro, demonstrou que a linguagem foi integrada na ação humana e, em segundo lugar, a perda de linguagem por distúrbios neurológicos não era a mesma coisa que a perda de capacidades simbólicas, mas apenas sua limitação. Cassirer visitou a enfermaria neurológica em Barmbeck sob a orientação do neurologista Heinrich Emden (1871-1941), e fez frequentes visitas em Frankfurt à clínica de Kurt Goldstein (1878-1965), que tratou soldados que sofreram danos cerebrais na Primeira Guerra Mundial. Ele observou pacientes, às vezes entrevistando-os, incluindo o famoso paciente de



Goldstein, Schneider (STAHNISCH; HOFFMAN, 2010). A partir dessas observações, Cassirer determinou que as alterações nas capacidades simbólicas de uma pessoa não apenas influenciavam seu pensamento, mas implicavam mudanças também nas percepções do paciente, nas capacidades de ação e até na personalidade, em suas atitudes em relação aos outros e sua própria relação pessoal.

Em uma carta a Goldstein em 1925, Cassirer escreveu que ficou particularmente atordoado pela semelhança entre a orientação espacial que Schneider exibiu e o relato de Hans Volkelt (1886-1964) de uma relação da aranha com sua própria rede (KROIS et. Al., 2010). Uma mudança de detalhe desorientava a aranha, de modo que não poderia mais reconhecer presas quando fossem colocadas diretamente na sua rede. Um procedimento ritual de ação da aranha era necessário para perceber que algo era presa. Sem as atividades ritualizadas adequadas, a aranha não conseguiu reconhecer a presa pelo que era. Da mesma forma, Schneider só podia entender os detalhes ao incluí-los em ações inteiras próprias. Ele foi capaz de bater em uma porta para ver se alguém estava dentro, mas era impossível para ele executar o movimento de bater quando o médico disse-lhe para fazê-lo. Assim também, Schneider poderia usar o idioma apenas de forma ritualizada, para obter certos fins imediatos. Ele havia perdido a capacidade de representar o meramente possível.

Nesse período, por meio dos estudos na Biblioteca, Cassirer pode colaborar e influenciar, por exemplo, Erwin Panofsky (1892-1968). Além disso, o período em Hamburgo foi pleno de contatos e de influências colaborativas com os trabalhos de Kurt Lewin (1890-1947), Wolfgang Köhler (1887-1967), Carl Meinhof (1857-1944), e um dos pioneiros da Biossemiótica Johan Jakob von Uexküll (1864-1944). A colaboração com esses estudiosos foi um marco interdisciplinar no trabalho de Cassirer, que insistia na necessária confluência e sinergia entre as esferas científica, histórica, psicológica, linguística e filosófica. Aqui na Biblioteca de Aby Warburg é que Cassirer concebe a natureza simbólica da

existência humana, o fato de que a nossa vida intelectual e emocional é formada e configurada originalmente através da força expressiva da palavra e da imagem. Ou seja, é no interior dos sistemas culturais simbólicos que a vida se realiza, mantém sua forma, sua visibilidade, se modifica, e se torna real. É através do sistema de formas simbólicas que o pensar e o ser, dicotômicos e ainda em conflito, realizam um debate (*Auseinandersetzung*) que mostra a relação do ser com o outro, do eu com o você. A alteridade é exercida pela mediação da palavra e da imagem, por signos, linguísticos, culturais, formas de co-responder ao outro, encontra-lo, dizê-lo. O animal simbólico é produto e o criador dos sistemas simbólicos.

A função do símbolo em Cassirer trouxe para a minha pesquisa a questão da representação. Ela era uma pesquisa situada na filosofia da química e para tanto eu estudei as representações espaciais e suas formas de uso na sala de aula da química orgânica no ensino superior. Desde ali a palavra representação adquiriu um sentido robusto e abrangente. E foi também com Cassirer que me movimentei na direção da Semiótica. O Cassirer semiótico tem origem em uma profunda relação com a Biossemiótica, uma marca dos trabalhos com Uexküll. Em sua antropologia filosófica, Cassirer generalizou a teoria estritamente biológica de Uexküll, enfatizando o fator decisivo do simbolismo como aquele que coloca os seres humanos a parte dos animais. Enquanto os seres humanos podem ser considerados da mesma forma que os animais na biologia teórica de Uexküll, eles também devem ser considerados exclusivos em termos de seus sistemas e mundos simbólicos. Esses sistemas tornam possível a cultura e servem para separar seres humanos e animais. Cassirer incorporou a perspectiva biológica de Uexküll em sua teoria simbólica e Uexküll explicou sua teoria biológica com uma ênfase crescente na semiótica, que viria a influenciar novamente Cassirer. Juntos, Uexküll e Cassirer desenvolveram uma teoria comparativa dos sistemas vivos. Os animais vivem em um mundo de hábitos sígnicos, um conjunto de processos e produtos que marcam e demarcam ações no

interior de um grupo social e biológico. Mas além dos sistemas receptores exclusivos, os seres humanos possuem sistemas simbólicos que lhes dão acesso a mundos simbolizados. Na visão de Cassirer, em algum momento da evolução, os hábitos sýgnicos tornaram-se rituais, ou seja, sinais naturais se tornaram símbolos culturais. Para Cassirer, a linha de demarcação entre humanos e animais não foi definida pela razão, como os filósofos sempre reivindicaram, mas pelo pensamento mítico. Os seres humanos são espécies simbólicas, o *animal symbolicum*.

Eu estava interessado em estabelecer um projeto de representação para a química. As minhas intenções com o estudo da representação eram de percorrer um cenário social. Ampliar o papel da representação do plano da comunicação para o plano da criação. Essa também era uma pretensão de relação com a educação. Como um sistema medial, eu pretendia desenvolver aspectos da representação no ensino de química não limitado ao pressuposto tradicional de instância passiva, normalmente conferido ao processo de mediação. A representação no ensino de química deveria ser pensada como um dispositivo de criação. Ao iniciar meus estudos com as formas de uso eu pretendi entender como professores lançam mão das representações, do universo simbólico-material da química, com dinâmicas, atividades, avaliações, formas lúdicas, aportes à tecnologia digital, diferentes modos, meios e mediações. Foi Cassirer quem trouxe para a minha pesquisa a condição crucial do estar no mundo: a mediação. E assim, as representações estruturais, as ferramentas materiais, desenhos no quadro de giz, diagramas, densidades, escritos, falados, desenhados, gesticulados, assumiram seu verdadeiro papel de ferramentas mediais simbólicas. Não alcanço a química diretamente, nada faço, não sou, e em nenhum lugar estou, se não for pela mediação.

Eu já havia participado de dois encontros da ISPC (Colômbia 2011 e Uruguai 2013), e estava a caminho da terceira participação (em Londres 2014), na qual confirmaria a realização do ISPC 2015 no Rio de Janeiro, na UFRJ. Após o evento, na London School of Economics, planejei uma

semana de estudos na Universidade de Londres, no Warburg Institute, que abrigava a Biblioteca Warburg desde sua retirada da Alemanha na segunda guerra. Uma semana de trabalhos na biblioteca foi pouco tempo, mas o suficiente para torcer ainda mais minhas pretensões sociais sobre a noção de representação. Eu percebi a necessidade de estudar e de entender melhor o próprio conceito de cultura ao percorrer as estantes. Arte, arquitetura, ciência, linguagem, povos esquecidos, alquimia, bruxaria, os temas e contornos pareciam inesgotáveis. Além da certeza do meu vazio interior sobre cultura, percebi que poderia ser produtivo situar o conceito de representação em um lugar daquela biblioteca, em alguma daquelas estantes deveria haver uma âncora contextual para me ajudar a refletir sobre a representação na química. Faltou dinheiro para pagar os créditos de cópias que eu ia tirando em cada dia de trabalho, mas sempre contava com a atenção dos funcionários. Havia numa das estantes uma coleção de plantas de prédios de Veneza, do período do renascimento, com detalhes, perspectivas e projeções. Nesse momento comecei a me inclinar pelo espaço em si, suas representações, como isso foi acontecendo, aonde primeiro, na cultura, outros povos, se não desenhavam como falavam do espaço.

Cassirer me mostrou que uma função abstrata, como a espacialidade, poderia possuir um conteúdo emocional inerente quando se enquadra em termos de concepções míticas. Para os seres humanos, o espaço pode ser mais que a ordem geométrica que Kant chamou de "justaposição" (*Nebeneinander*). No ensaio de Cassirer "Mythic, aesthetic and theoretical space" (1969), ele considerou o espaço de forma morfológica, mostrando que poderia assumir não apenas diferentes configurações geométricas, mas também assumir uma ordem pessoal, carregada emocionalmente, tendo o corpo como foco. Isso ocorre quando os rituais dividem o mundo dramaticamente, ocorrendo em um determinado local. Para um grupo de aborígenes australianos (falantes do dialeto *Wotjbaluk*), em vez de utilizar as quatro direções cardinais da nossa bússola, as direções são identificadas com tribos diferentes. Essas

instruções indicam as maneiras pelas quais os mortos deveriam ser enterrados, de acordo com a adesão do grupo totem. Ao em vez de medir e referenciar o espaço por meio de uma escala objetiva, o que se considera são as tradições ritualísticas de se despedir dos mortos. As direções a serem seguidas, as informações passadas sobre referências espaciais, consideram lugares com referências totêmicas próprias (CASSIRER, 2013). Exemplos como este levaram Cassirer a concluir que, no pensamento mítico, o corpo humano oferecia, como ele disse, o "sistema preferido de relações", em torno do qual todo o resto era organizado. Embora a nossa organização do espaço não tenha mais associação com tais concepções, elas sobreviveram nos nomes dos pontos cardinais da nossa bússola, afinal, os anões da mitologia nórdica que sustentavam o céu chamavam-se: *Nordri*, *Sudri*, *Astri*, e *Westri*.

Com todas essas representações emblemáticas o espaço se tornou um campo de pesquisa para mim, a representação das coisas da química no espaço, a representação espacial, a estereoquímica. Nas leituras que decorriam dali eu percebi que havia uma lacuna ao tratar-se das influências e relações entre o domínio social e o processo de desenvolvimento do conhecimento químico. Esse percurso antropológico do espaço também estava colocado nos escritos de Cassirer, ele havia realizado pesquisas em relação à isso, mas pareceu que tive que pisar na biblioteca de Warburg para me dar conta. Meu campo de trabalho passava a ser o do signo de representação da química, como construção histórica e cultural, voltando-me prioritariamente para o agir desses signos, seus usos, seus sentidos genéticos. Eu pretendia perseguir uma transformação simbólica ou semiótica da filosofia, que ia exigir que eu pudesse explicar a percepção e a nossa compreensão das coisas, como uma relação com a educação, em termos de processos simbólicos.

A estada na Universidade de Londres, por conta do ISPC 2014 e do período de estudos na biblioteca de Warburg me trouxeram definitivamente próximos da Semiótica. Eu pude inclusive, ter acesso a outros textos de John Michael Krois, um dos maiores estudiosos de

Cassirer, e entender esse processo de aproximação como uma tendência legítima. Cassirer chamou o fenômeno do significado simbólico "a priori" de uma espécie de "primeiro" (CASSIRER 1998, p. 203), nomeando o fenômeno de produção de sentido como "Pregnância Simbólica". Ele seria a priori no sentido em que não derivava da convenção, e que não estava no sujeito. A Pregnância Simbólica de Cassirer estava perto da concepção pragmática de Peirce que se denominava *semeiotica*. Assim como Peirce viu a existência de significados indiciais na natureza - como a fumaça sendo um sinal de fogo, também Cassirer viu a Pregnância Simbólica em fenômenos não intencionais. Para tocar algo "áspero", ressalta Cassirer, exige-se mover seu dedo sobre sua textura (CASSIRER 1998, p. 178). A sensação de áspero depende desse movimento. A sensação resultante está simbolicamente grávida com a sensação de aspereza, que emerge neste movimento, quer tenhamos intenção ou não. Apesar dessas relações intrínsecas, Cassirer nunca citou o trabalho de Peirce, e Peirce ao falecer em 1914 não percebeu os impactos da Filosofia das Formas Simbólicas. Mas outros autores iriam falar de Cassirer a partir das fileiras da Semiótica, como por exemplo Roman Jakobson (1896-1982), ao referir-se à afirmação de Cassirer que "a Linguística é parte da Semiótica e não da Física" (CHANG, 2013, p. 7).

Por esse caminho eu cheguei à preparação do ISPC 2015 na UFRJ com uma agenda ampla de trabalho no campo da Semiótica. A Filosofia da Química que eu realizava já estava ancorada no simbolismo, no estudo dos signos, no entendimento de como emergem no campo disciplinar da química. Tinha conseguido implementar, desde 2014, tanto a disciplina de Filosofia da Química quanto a de Semiótica no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química do Instituto de Química da UFRJ. Com o mergulho nas relações com a licenciatura, apareciam cada vez mais estudantes interessados em formas de usar esses signos em situações e atividades didáticas. Ainda assim, Cassirer mantinha-se uma fonte importante de conhecimento para organizar tais produções. Foi, por exemplo, tendo como pressuposto teórico a tensão dialética entre

imitação e representação, que usei com meus alunos o conceito de mimese para a criação de um conjunto de animações com técnica de “stopmotion” e estética a partir dos blocos de montar LEGO®<sup>2</sup>. Esse quadro teórico é considerado durante as atividades de formação que são planejadas com os professores das escolas nas quais se realizam atividades com essas animações.

Essa tentativa de aproximar a filosofia da formação, inicial e continuada, de professores, tem sido, tanto estimulante quanto uma caminhada difícil. As dificuldades residem, principalmente, na distância entre o currículo, em sentido lato, ou seja, para além das matérias que são dadas na graduação, e a linguagem desses estudantes, o dizer e o fazer deles. De forma geral há uma dificuldade muito grande em dizer, o que sente sobre, o que pensa sobre, o que sabe sobre. Algo em torno do “eu não consegui colocar no papel”. Eu aprendi com Cassirer que foi porque conseguimos colocar no papel, foi porque conseguimos pintar, dançar, dizer, que chegamos até aqui como espécie em sentido evolutivo. Então para mim, ao menos pragmaticamente, colocar no papel parece ser um ato incondicionalmente importante para a formação do professor. A distância faz com que a caminhada seja mais longa e exija força e determinação do caminhante. Como as questões de matriz filosófica não estão no caminho crítico do professor em formação ele prefere ir ao encontro de discursos mais expressivos e próximos de sua vivência formativa. Encontrar a alternativa correta, o valor da resposta, objetividade levada às últimas consequências.

Isso me fez torcer a vara para o lado social, ou sócio-cultural, ainda mais. Uma busca filosófica nos termos do projeto de trabalho de Cassirer, em boa medida. Partindo do conceito de cultura e procurando encontrar sentidos culturais para a Química, como disciplina e como objeto de transposição para o ensino de química, eu comecei a deixar emergir as influências vividas no Instituto Warburg, e encontrei na relação entre Filosofia e Semiótica, novamente um sentido derivado da trajetória de

---

<sup>2</sup> Veja no canal do Youtube: <https://www.youtube.com/user/lifeufjr>

Cassirer, um quadro teórico-metodológico de referência para dar consequência aos trabalhos na UFRJ. Em um plano acadêmico, minhas pesquisas conectam-se sempre com o conceito de representação. Em sentido específico estou sempre interessado em produzir pesquisas que revelem o caminho do espaço, como um elemento da representação na química. Essa aproximação Histórico-Filosófica do espaço na química possui implicações estritas com uma dificuldade permanente ao lidar com as coisas da química: habilidade espacial. Humanizar o espaço ao invés de abstraí-lo, perseguir sua historicidade, recente em grande medida, tem demonstrado ser um caminho profícuo para mostrar aos professores em formação que o território da representação sempre foi um lugar de disputas, conflitos, pessoais e intelectuais, e que não há motivo para isolar aqueles que não conseguem apreender conformações e configurações.

Em sentido profissional, o binômio Cassirer-Warburg expressa-se intensamente. Os dois compartilhavam uma visão distinta do simbolismo que me influencia de forma permanente, uma visão que Warburg mostrou à Cassirer com a filosofia de Friedrich Theodor Vischer (1807-1887), também influenciado por Hegel. No seu ensaio *Das Symbol* (VISCHER, 2016) Theodor Vischer mostra sua influência sobre a Filosofia das Formas Simbólicas e sobre o meu trabalho por decorrência. Ele localiza todos os símbolos em um espectro entre dois polos. Em um extremo situa-se o símbolo mágico e religioso, no qual a imagem e o sentido estão indissociavelmente fundidos. No outro, o tônus daquilo que se toma insipidamente como modelo na contemporaneidade. O símbolo abstrato que é e não é, a essência da abstração:  $a = b$ . Persigo essa tensão entre *mythos* e *logos*, entre a carne e o espírito.

A inserção do mito foi para Cassirer uma tentativa de enfrentar a agenda política da Alemanha naqueles tempos de emergência do nazismo. Por aqui sigo inserindo a arte em meus projetos de pesquisa e ação, junto ao curso de licenciatura em química da UFRJ. Um enfrentamento da postura racionalista *stricto sensu*, uma forma de



voltar-se para o humano no professor, além do conteúdo, além dos itens de resposta. A “minha luta” envolve amolecer, suavizar e relativizar. Trouxe o cinema e a produção fílmica como ferramentas para a formação. Produzir narrativas, entender as formas de representar, suas limitações, e perceber que não há modo exclusivo que consiga mostrar tudo. Incompletude, intencionalidade e identidade na formação. Criar novos meios híbridos, cinema, complexos intermediais nos quais o professor é agente da ativa, tecnologia e presença, corporificação, presentificação do virtual, professor e professora como personagem central da representação, controla, direciona e produzem sentidos a partir daquilo que escolhem como importante para aquela atividade. Construir autonomia a partir desse caráter indissociável entre *mythos* e *logos*. A razão pura e exacerbada serve aos interesses de uma ideologia do mérito para o exame. Uma vontade de estratificar o sujeito na atividade docente. Enfrento isso como posso, mas tive como ponto de partida a Filosofia da Química, um Filósofo da Cultura veio me mostrar como a Química deve ser diferente para os professores em formação. Sigo com Cassirer e com a Filosofia da Química, aprendendo de uma maneira peculiar, provocando e tentando superar os desafios que nos impomos e também aqueles a que somos impostos.

## Referências

- CASSIRER, E. **An Essay on Man**: an introduction to a philosophy of human culture. New Haven: Yale University Press, 1944.
- CASSIRER, E. Mythic, aesthetic and theoretical space. **Man and world**, v. 2, n. 1, p. 3-17, 1969.
- CASSIRER, E. **Filosofia de las formas simbólicas**. V.3. México: Fondo de cultura económica, 1998.
- CASSIRER, E. **The Warburg Years (1919-1933)**: essays on language, art, myth, and technology. London: Yale University Press, 2013.

CHANG, H. Cassirer, Benveniste, and Peirce on deictics and “pronominal” communication. **Sign Systems Studies** v. 41, n. 1, p. 7-20, 2013.

KESTLER, I. M. F. Johann Wolfgang von Goethe: arte e natureza, poesia e ciência. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 13, suplemento, p. 39-54, 2006.

KROIS, J. M.; ROSENGREN, M.; STEIDELE, A.; WESTERKAMP, D. **Embodiment in cognition and culture**. Amsterdam: John Benjamin Publishing Co., 2007.

SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry (I). **International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 4, n. 2, p. 129-162, 1998.

SKIDELSKY, E. **Ernst Cassirer: the last philosopher of culture**. Princeton: Princeton University Press, 2008.

STAHNISCH, F. W.; HOFFMAN, T. Kurt Goldstein and the Neurology of Movement during the Interwar Years. IN: HOFFSTADT, C.; PESCHKE, F. SCHULZ-BUCHTA, A. **Aspects of Medical Philosophy Series**, v. 9, Amsterdam: Projekt Verlag, p. 283-312, 2010.

VERENE, D. P. Kant, Hegel, and Cassirer: The Origins of the Philosophy of Symbolic Forms. **Journal of the History of Ideas**, v. 30, n., p. 33-46, 1969.

VISCHER, F. T. The Symbol. **Art in Translation**, v. 7, n. 4, p. 417-448, 2016.

WARBURG, A. **A renovação da antiguidade pagã**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.

## **Uma aproximação pouco usual: a epistemologia de Jean Piaget e a Filosofia da Química**

*Marcelo Leandro Eichler<sup>1</sup>*

O caminho que me trouxe aqui, como são os de muitos colegas, foi sinuoso, tortuoso, acidentado, moroso e ainda está em construção, como não poderia deixar de ser. O objetivo deste texto não é mostrar meu caminho de águas, de ares, de fogo e de pedras. Não penso em convidar o leitor a seguir o caminho que foi por mim trilhado, penso apenas em indicar um e outro ponto de referência, fazendo isso ainda de forma convencional. Quero apontar algumas balizas, alguns textos que marcaram as bifurcações e as escolhas entre as rotas alternativas.

Eu, como muitos de nós, fui um aluno de química curioso que não cabia em um laboratório, em sua rotina experimental, de análise, de métrica, de repetição. A fortuna me fez trilhar as sendas da licenciatura e logo no início da graduação em Química comecei a trabalhar na Área de Educação Química, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Durante toda a minha graduação trabalhei com a produção de material didático de química, concebendo esse exercício com uma estratégia de formação inicial e continuada de professores de química (EICHLER; DEL PINO, 2010). Além do trabalho com a produção de material didático impresso, também participei de um projeto de inovação educacional que teve por objetivo a produção de conteúdos digitais para o ensino de química (EICHLER; DEL PINO, 2006). Os conteúdos digitais

---

<sup>1</sup> Professor de graduação no Instituto de Química (UFRGS) e de pós-graduação no PPG Educação (UFRGS).

produzidos neste projeto de inovação educacional tiveram como tema os impactos ambientais e sociais decorrentes dos meios convencionais de produção de energia elétrica.

Particularmente, um desses conteúdos digitais, *Carbópolis* (que abordava o tema chuva ácida, associada à energia termoeletrica a partir da queima de carvão) foi o assunto que escolhi aprofundar nos estudos em nível de mestrado (EICHLER; FAGUNDES, 2004).

O meu mestrado foi realizado em uma área pouco usual aos educadores em química. Fui estudar em um Programa de Pós-Graduação em Psicologia, pois, na ocasião, tinha interesse de entender melhor a aprendizagem de ciências com o uso de recursos digitais. E naquele programa havia uma professora, Léa Fagundes, sempre muito acessível às interlocuções interdisciplinares.

Foi nessa ocasião que comecei a ampliar minhas leituras em Filosofia das Ciências. Naquele momento meu interesse em compreender as etapas da análise ambiental me levou a investigar a atribuição de causas, ou a reconstrução do nexos causal de problemas ambientais (TAUK-TORNISIELO, GOBBI; FOWLER, 1995). Desse interesse pragmático para a leitura mais encorpada e aprofundada sobre o causalidade (BUNGE, 1959/1997) foi um salto, uma decolagem, um vôo.

Durante minha formação em nível de pós-graduação, meus estudos em Psicologia do Desenvolvimento e minha leitura sobre as explicações causais (PIAGET; GARCIA, 1971) me levaram a aderir ao programa de pesquisa da Epistemologia Genética. Por isso, hoje minha principal linha de pesquisa tem a ver com a tematização e a atualização da obra de Jean Piaget.

O tema da causalidade foi o assunto que uniu meu mestrado e meu doutorado e que me faz ficar atento e curioso com a produção na área da Filosofia da Química. No meu doutorado, ao propor que as transformações químicas poderiam ser um novo tema para ser estudado no âmbito da Epistemologia Genética, busquei mostrar como Piaget

abordou às questões sobre a circularidade das ciências e tangenciou o problema dos reducionismos.

Em boa parte, o texto a seguir, é uma reescrita acerca de um dos problemas fundacionais da Filosofia da Química, a crítica ao reducionismo fisicalista e a declaração ontológica de independência da Química em relação aos domínios Física. A minha reescrita é feita com o retrato de ocasião, com os artigos da época da virada do milênio, do momento juvenil de emancipação da Filosofia da Química.

### **A interrelação dos conhecimentos, segundo Piaget**

Uma característica bastante forte e profícua na obra de Jean Piaget é a busca de inter-relações de conhecimentos, viés em que é possível destacar o seu interesse pelo sistema das ciências. No volume que organizou para a *Enciclopédia da Pléiade, Lógica e Conhecimento Científico*, Piaget (1967b) aborda a questão do sistema e da classificação das ciências, um assunto que interessou a muitos pensadores, como Aristóteles, Bacon, Ampère e Comte, apenas para citar alguns pensadores sobre os quais ele discorre.

Nessa oportunidade, Piaget retomou idéias que ele propusera anteriormente e reiterou que o sistema das ciências apresenta uma estrutura de ordem necessariamente cíclica, irreduzível a qualquer forma linear. Nesse sistema, ele distinguiu quatro conjuntos de ciências, amplos:

- I) as ciências lógico-matemáticas;
- II) as ciências físicas;
- III) as ciências biológicas; e
- IV) as ciências psico-sociológicas (compreendendo a lingüística, a economia, etc.).

Entre esses conjuntos haveria uma ordem de implicação, que poderia ser descrito pela circularidade:  $I \rightarrow II \rightarrow III \rightarrow IV \rightarrow I$ . Haveria, ainda, a possibilidade de interações internas ( $IV \leftrightarrow II$  e  $I \leftrightarrow III$ ).

Deve-se ressaltar que, para Piaget, essa circularidade não seria fechada, mas uniria os movimentos espiral e helicoidal, em um vórtice: “tal círculo não tem nada de vicioso pois ele não se fecha jamais, ele percorre aumentando a cada volta o nível de conhecimentos: o processo efetivo é, então, aquele de uma subida em espiral ou, se se prefere, de uma marcha dialética” (PIAGET, 1967b, p. 1224).

Em sua sistematização, a natureza das relações entre um conjunto de ciências e outro poderia ser evidenciada através dos graus de filiação e de dependência que existiriam entre elas. As relações de dependência seriam as mesmas de conjunto para conjunto de ciência, de ciência para ciência dentro de um mesmo conjunto e, finalmente, de um capítulo particular para outro em uma mesma ciência. Dessa forma, supondo a hipótese de uma ordem no círculo das ciências, Piaget distinguiu seis tipos de relações de dependência entre disciplinas científicas:

1. Redução unilateral de uma ciência ou teoria causal a uma outra.
2. Redução por interdependência de ciências ou teorias causais.
3. Colocação em correspondência de um sistema causal com um sistema implicativo até à assimilação do primeiro ao segundo.
4. Colocação em correspondência de um sistema causal com um sistema implicativo até uma pesquisa de “isomorfismo”.
5. Interdependência entre dois sistemas implicativos por abstração reflexionante.
6. Redução entre dois sistemas implicativos por axiomatização.

Conforme entendeu Piaget, esses critérios permitiriam interpretar as ciências em relação as suas dependências dinâmicas, isso que dizer, “olhando a ciência que se faz e se transforma e não somente a ciência já constituída e codificada. Não considerando apenas aquelas dependências, (...), que se marcam ao grau de generalidade: as matemáticas se aplicam a todas as ciências ulteriores em escala linear; a física se aplica à química

e à biologia mas não às matemáticas; à química se aplica à biologia, etc., mas nem à física, nem à matemática, etc.” (p. 1185).

O esquema de circularidade entre as ciências e os diferentes tipos de relação de dependência foi aplicado, por exemplo, para prognosticar o futuro da psicologia (PIAGET, 1966). Nesse sentido, Piaget discorre sobre as relações entre:

- a) a lógica e as ciências psico-sociológicas;
- b) as ciências matemáticas e as psico-sociológicas;
- c) as ciências lógico-matemáticas e as ciências físicas;
- d) as ciências físicas e as ciências biológicas; e
- e) as ciências psico-sociológicas e as ciências biológicas.

Durante meu doutoramento esse assunto não foi colocado diretamente em pauta. Ele foi mais bem utilizado para mostrar um pouco do estranhamento que um químico pode ter ao se deparar com a obra piagetiana, que apesar da amplitude, vastidão e profundidade, muito pouco contemplou as questões relacionadas ao fenômeno químico. Alguns, pouquíssimos, exemplos podem ser citados.

Nesse artigo sobre o futuro da psicologia, ao mostrar um pouco das possíveis relações da química com a psicologia, Piaget (1966) fez o que hoje parece um exercício da obviedade: “no que se relaciona às ciências físicas, elas já deram à psicologia muito mais do que geralmente se lembra. Há, é claro, o aspecto menor, tais como a contribuição da química ao estudo das reações mentais modificadas pelas ‘drogas’” (p. 3; grifos do autor).

Em outro lugar, quando comentou sobre a natureza da epistemologia e de seus métodos (PIAGET, 1967a), exemplificando o método histórico-crítico pelos trabalhos de Emile Meyerson sobre o alcance epistemológico dos princípios de conservação, ele sugeriu:

“o recurso à história é um complemento indispensável da análise formalizante: a ver, por exemplo, de que forma Lavoisier (que se sabe o quanto sua obra renovadora coloca acento sobre a experiência) postulou a

conservação do peso [na verdade, massa] nas transformações químicas antes de fazê-lo objeto de uma verificação direta e independente, pode-se somente dar razão à E. Meyerson em suas teses essenciais: a dedução estrutura o real sobre o qual se dá a experiência, em lugar de apenas descrever fora do tempo os resultados dessa, à maneira de uma simples linguagem, e por conseqüência a dedução joga um papel essencialmente explicativo que ultrapassa a pura legalidade ou constatação generalizada” (p. 110).

Finalmente, voltando ao capítulo em que abordou a circularidade das ciências, Piaget (1967b) fez uma rápida alusão entre as relações dentro de um mesmo conjunto de ciências e sugeriu: “é interessante saber como as leis físicas se “aplicam” à química, pois essa “generalidade” relativa se transformou em uma “redução por interdependência” (nosso segundo processo), enquanto que a aplicação das matemáticas à física parece ser de uma outra natureza” (grifos do autor; p. 1186).

Segundo o que tenho me proposto estudar desde a tese de meu doutoramento (EICHLER, 2004), os conhecimentos em química ou os entendimentos sobre o fenômeno químico podem trazer novas questões à obra piagetiana, fazendo necessárias novas reelaborações. Foi por esse viés que comecei a estudar a Filosofia da Química, inicialmente buscando compreender o reducionismo fiscalista, ou a “redução por interdependência”, na expressão piagetiana.

## **A centralidade da ciência Química**

Entre nós, químicos, é corriqueiro considerar a Química uma ciência central (ATKINS, 1999; GOOD, 2001). A Química não é útil apenas para ela mesma, é também fundamental para outras disciplinas científicas. Por exemplo, a Biologia tem sido revolucionada pela aplicação dos princípios químicos. A Psicologia, também, tem sido profundamente influenciada pela Química, podendo ainda ser mais radicalmente alterada à medida que se revele a química do sistema nervoso. No entanto, a importância e a centralidade que a Química tem em relação a outras



disciplinas ou áreas de pesquisa não parecem ter muitos reflexos na Filosofia.

A definição da centralidade da Química tem, é claro, o seu contexto de propaganda, de proselitismo, de auto-afirmação. Mais do que um chamamento para o reconhecimento de uma ciência que parece tão mal recebida pela população, parece mesmo uma postulação que sugere uma marcação de existência, de independência e de influência.

*Olhe lá, a Química, ou melhor, nós químicos, somos centrais por que somos independentes. Nós não estamos de reboque, nós não somos apêndice, não somos um tipo diferente de Física. A matéria nos é própria. A Matéria é nossa matéria.*

É claro que essas definições podem expressar a jovialidade de uma ciência que reflete sobre si há pouco tempo. A busca pela independência, pela autonomia, sempre foi um motor juvenil. E frente à anciã Física, a emancipação é moto adolescente da Química. O pensar sobre a Química é novo. Um dos primeiros resultados desse pensar é a afirmação da identidade na negação da redução.

Conforme Eric Scerri e Lee McIntyre (1997), a literatura filosófica em qualquer aspecto da química é extremamente esparsa, especialmente quando se considera que a Física, a Química e a Biologia são o triunvirato dominante nas Ciências Naturais. Esses autores chegaram inclusive a postular que o conjunto de questões que poderiam ser naturalmente associados à “Filosofia da Química” teria sido radicalmente ignorado.

Nikolaos Psarros (1998) tentou elucidar o motivo do isolamento da Filosofia da Química em relação à Filosofia da Ciência. Uma das razões seria o fato da maioria dos químicos sustentar alguma forma de um realismo científico ingênuo, que imputa aos objetos das teorias químicas - como moléculas, átomos e estruturas - a condição de “partes constituintes do mundo”.

De outra parte, embora dois dos mais influentes filósofos da ciência - Emile Meyerson e Gaston Bachelard - fossem treinados em química, percebe-se que nos círculos filosóficos a visão predominante é que a

Química não provê o campo para o florescimento de típicas discussões filosóficas. Portanto, a maioria dos filósofos da ciência acredita que a Química poderia ser perfeitamente reduzida à Física. Assim se costuma pensar que a Filosofia da Química poderia ser, também, perfeitamente reduzida à Filosofia da Física (SCERRI; MCINTYRE, 1997).

A orientação do senso comum filosófico é sugerida por Scerri (2000b) da seguinte forma: a Química não traria nenhum interesse fundamental para a Filosofia porque não teria “grandes idéias”, comparáveis à mecânica quântica e a relatividade, em física, ou a teoria de Darwin, na biologia. Além disso, dada à relativa falta de interesse pelos experimentos, como opostos à teoria, não é surpreendente que os filósofos tenham tendido a ignorar essa ciência muito experimental, a Química.

### **A crítica ao reducionismo fisicalista**

A redução é um movimento de conhecimento, de argumentação e de explicação. É a busca pela intimidade, pela diferença, pela afirmação, pela essência. A redução da Química à Física indicaria que a Química é uma comunidade de práticos e que as explicações menos superficiais, menos primárias dos fenômenos químicos seriam mais bem encontradas nos nexos da Física, em suas explicações mais aprofundadas, batígenas.

Nesse sentido, o tema da redução – da Química à Física – é entendido um assunto fundador do campo do pensamento filosófico associado à Química. Quando a Filosofia da Química começou a experimentar um avivamento no começo da década de 1990, muitos dos trabalhos publicados estavam preocupados com a interface entre a Química e a Física, por exemplo, com a questão da redução da química à mecânica quântica. Esse debate ganhou contornos mais amplos que trouxeram à tona o debate acerca das diferenças entre as compreensões epistemológicas e ontológicas associadas à Química e a Física. Tais diferenças auxiliam a subscrever o debate acerca da redução, da

emergência ou da superveniência entre as ciências (BEJARANO; EICHLER, 2016).

Porém, a crítica à redução necessita a reflexão sobre a própria idéia de redução. Conforme postula Valeria Mosini (1994), a redução de uma dada disciplina para a Física, requeria que:

- a) as leis da disciplina reduzida fossem derivadas desde as leis da Física;
- b) os termos descritivos da disciplina reduzida estivessem conectados aos termos da Física.

Essas condições mostram que a redução contém tanto um aspecto epistemológico, quanto um ontológico. Assim, uma vez que o reducionismo ontológico não acarretaria o necessário reducionismo epistemológico, a autora entendeu que a importância da discussão do reducionismo em química não deveria ser subestimada.

Nesse sentido, particularmente, o aparente sucesso da mecânica quântica em prever parâmetros atômicos e moleculares de relevância química - como os potenciais de ionização, as energias de ligação e os momentos de dipolo - teria disseminado a visão que a Química seria totalmente reduzida à Física (MOSINI, 1994).

No seio da prática científica, Mario Bunge (1982) ponderou que as opiniões sobre a redutibilidade da Química à Física estariam divididas. Ele exemplificou. Se a redução fosse perguntada a um químico experimental, ou a um químico teórico clássico, ele provavelmente responderia negativamente. Argumentando pela autonomia da química, ele pontuaria que sua ciência tem conceitos peculiares, como ligação química e reação química. Também enfatizaria suas demonstrações legais particulares, como as equações das reações, além de suas próprias técnicas experimentais, como a titulação e a cromatografia.

Em contrapartida, se a mesma questão fosse feita a um químico teórico quântico, ele possivelmente responderia afirmativamente. Defendendo a redução da química à física, seja atual ou possível, ele poderia expor que a teoria das moléculas é uma aplicação da mecânica

quântica para sistemas compostos de núcleo e elétrons (ou de átomos, se adota outra abordagem). Através dessa compreensão, a teoria das reações químicas seria uma aplicação da teoria em mecânica quântica para a dispersão e para a colisão de átomos e de moléculas. Então, quando perguntado o motivo da química quântica ter se desenvolvido tão vagarosamente na última metade do século passado, ele provavelmente responderia que isso é apenas uma questão de disponibilidade computacional - tempo de processamento e custo da tecnologia - , pois “em princípio”, matematicamente, o problema já teria sido solucionado.

Nessa última posição se alinha Mosini (1994), citando a eletronegatividade como um exemplo da redução eliminativa de um conceito químico. A autora pondera que, ainda hoje, as reações químicas são previstas e explicadas baseadas em considerações da química clássica apenas devido às dificuldades computacionais.

Ainda quando a Filosofia da Química era embrionária, Bunge (1982) argumentou que há um pouco de verdade em cada uma das posições. Isso porque, como ele defendeu em seu artigo, os químicos lidam com coisas chamadas sistemas químicos, que os físicos normalmente não estão ainda interessados (e é possível frisar o advérbio ‘ainda’, dada a voracidade da Física para estender sua área de influência acadêmica). É evidente que os químicos fazem isso com a ajuda da Física, mas a Química é independente dessa ciência. Finalmente, a Física não é o suficiente para a Química. Para solver qualquer problema químico é necessário enriquecer a Física de conceitos e hipóteses que são peculiares à Química.

Não é à toa, portanto, que a crítica aos reducionismos foi um consenso entre os filósofos da química no período de surgimento dessa área da Filosofia das Ciências (LABARCA, BEJARANO; EICHLER, 2013). Embora se chegasse a supor alguma relação ontológica entre a Química e a Física (MOSINI, 1994), costumava-se rejeitar a redução epistemológica da Química à Física e suas conseqüências explicativas (SCERRI; MCINTYRE, 1997).

Desde esse período foi possível distinguir a “redução quantitativa” da química e aquilo que se poderia chamar de “redução conceitual”. Por redução conceitual se entende reduzir conceitos químicos tais como composição, ligação e estrutura molecular. Porém, essa forma de redução não é mesmo possível em princípio para a maioria dos conceitos por eles mesmos. Os conceitos de composição, ligação e estrutura molecular não podem ser expressos exceto em nível químico e não podem ser reduzidas inclusive as mais atuais e fundamentais descrições da Física como, por exemplo, a mecânica quântica.

Alguns desses conceitos, entre outros, foram analisadas por Jaap van Brackel (1997) quando ele centrou foco sobre a ciência macroscópica das substâncias e de suas transformações. Em sua análise avaliou que noções macroscópicas como substância química, equilíbrio e temperatura não podem ser reduzidos à microfísica, cuja definição inclui a física estatística, atômica e de partículas, além da mecânica quântica. No entanto, ressalva que seu argumento contra a redução da química e da termodinâmica à microfísica não pretende enfraquecer a realidade de quaisquer entidades microfísicas.

Conforme Giuseppe Del Re (1998), a física teórica tende a ignorar os níveis intermediários e tenta representar todos os sistemas como consistindo de partículas elementares, ou de quase-partículas. Ele trouxe dois argumentos em relação ao nível da complexidade. No primeiro, supõe que a coleção de todos os níveis situados abaixo do qual dada coisa aparece como uma unidade é essencial para uma completa descrição de sua realidade. No segundo, entende que, a cada nível diminuído, a informação atual em dado objeto é parcialmente latente e indeterminada. Portanto, ele argumentou contra o reducionismo ao compreender que a realidade dos níveis superiores não pode ser completamente predita, a menos que sejam conhecidos os processos pelos quais as suas partículas elementares são postas juntas e a natureza das propriedades emergentes. Na química, o autor contextualiza esses argumentos criticando o

reducionismo para os modelos orbitais das propriedades dos materiais, da estrutura das substâncias químicas e de suas transformações.

Porém, não se quer dizer que não haja compreensões reducionistas em química ou que elas sejam impróprias ou excêntricas. De acordo com Joachim Schummer (1997), os programas fiscalistas procuram reduzir o comportamento do objeto e os fatores contextuais para as chamadas interações fundamentais: força eletromagnética, gravitacional e nuclear forte e fraca. Além do mais, esses programas, ou projetos de pesquisa, buscam uma teoria da interação unificada. Assim, as intenções fiscalistas seriam pragmaticamente desinteressantes para os químicos. Entretanto, convenientemente alguns programas reducionistas particulares seriam mais ou menos bem sucedidos entre os químicos, por exemplo:

- 1) a redução das propriedades ecológicas e biológicas para as propriedades químicas dos elementos de sistemas ecológicos e biológicos;
- 2) a redução das propriedades químicas para propriedades eletromagnéticas de certas entidades teóricas;
- 3) a redução das propriedades mecânicas, termodinâmicas e eletromagnéticas em termos das propriedades eletromagnéticas de certas entidades teóricas.

Além disso, van Brackel, (1997) aponta que a questão ampla “pode a química ser reduzida à física?” é muito mais um slogan que uma expressão significativa. Não seriam muito claras as maneiras de delinear e separar a Química da Física. Exemplos dessa dificuldade podem ser encontrados em questões sobre a Físico-Química ou sobre os métodos de separação mecânica e física em Química ou em Engenharia Química. As chamadas “operações unitárias” em Engenharia Química tradicionalmente são separadas em: operações mecânicas (como a trituração do carvão), operações físicas (como a secagem de grânulos de polímeros) e operações químicas (envolvendo reações químicas). Entretanto, qualquer reação química é dependente do fenômeno de transporte físico de massa, de calor e de momento.

## É a escala que faz o fenômeno

A escala em que o fenômeno ocorre deve ser levada em consideração. Há muito tempo Bachelard (1938/1996) já advertia que o apego à experiência comum, tomada em nossa ordem de grandeza, entrava o pensamento científico contemporâneo. Ele compreendia que os cientistas não deveriam impor em toda parte a legalidade da ordem de grandeza costumeira, fazendo os mesmos juízos experimentais do pequeno para o grande, e do grande para o pequeno. Ele indicava a necessidade de se refazer as construções científicas quando se abordassem novos domínios.

Del Re (2000) aprofundou e explicitou a questão ontológica associada à noção de escala. Conforme ponderou, um mundo físico consiste de objetos (sistemas físicos) mais ou menos independentes, mas claramente distinguíveis uns dos outros. Ele citou exemplos concretos desses objetos, postos em ordem decrescentes de escala: uma nuvem intergaláctica; o planeta Marte; o Oceano Pacífico; o ecossistema da Floresta Negra; *uma coruja, o ser humano, o coração de um leão, uma abelha*; um ácaro microscópico; uma molécula de DNA; um fóton. Esses objetos pertencem a diferentes campos de investigação e eles são estudados por diferentes disciplinas. Em itálico estão exemplos que pertencem ao nível da realidade de acesso direto. Nesse nível, o ser humano pode ver, tocar, cheirar, ouvir e, algumas vezes, saborear, ou fazer isso tudo em conjunto. Dessa maneira, a desunião ontológica estaria relacionada às diferentes escalas em que se dão os fenômenos que são estudados cientificamente.

Schummer (1999) sugere que, do ponto de vista da filosofia da ciência, é difícil de entender do que a Química trata. Isso seria, em parte, devido aos conceitos unilaterais dos filósofos da ciência que têm sido propagados durante os séculos passados. Eles simplesmente confundiram uma pequena área da Física com o todo da ciência ou, para ser mais correto, com a profusão de disciplinas científicas. Ele pondera

que compreender o mundo em termos de teorias universais é certamente um objetivo nobre. Entretanto, esse não é o único objetivo para as ciências e, talvez, para a maioria dos campos isso não é mesmo possível.

A Química, por exemplo, é entendida como uma ciência de classificação dos materiais que trabalha com métodos experimentais, possuindo algumas singularidades ontológicas, epistemológicas e metodológicas quando comparada com outras ciências (SCHUMMER, 1997).

De acordo com Schummer (1998a), a Química é a mais geral das Ciências dos Materiais, no sentido que ela provê o mais geral dos sistemas conceituais. Diferente da Mineralogia, da Metalurgia ou da Farmácia – bem como da profusão de subdisciplinas aplicadas da química (como a Química de Polímeros, por exemplo) – os conceitos fundamentais de química são aplicáveis a todos os objetos empíricos.

Nesse sentido, existem duas notáveis características das propriedades materiais que ampliam um pouco os problemas epistemológicos: a dependência do contexto e a mudança (SCHUMMER, 1998b). A mudança é de central importância especialmente em química, porque determinar uma reação química particular significa identificar a mudança da identidade química dos objetos.

### **A Química é ciência do contexto, da mudança e de seus modelos**

A importância do contexto é algo intrínseco à química, pois o comportamento das espécies químicas é sempre relativo à outra espécie com que a interação é estabelecida. Bachelard (1940/1991) entendia que a própria definição de uma substância é, em determinados aspectos, função de uma vizinhança substancial. Dessa forma, em química, nenhum resultado experimental deveria ser enunciado de um modo absoluto, separando-o das diversas experiências que permitiram obtê-lo.

O contexto é, também, o aspecto central pelo qual as propriedades materiais são distintas. Cada tipo sendo caracterizado por focar certo



fator contextual: forças mecânicas (propriedades mecânicas, como elasticidade e viscosidade), condições termodinâmicas (propriedades termodinâmicas, como capacidade calorífica específica e ponto de fusão), campos eletromagnéticos (propriedades eletromagnéticas, como suscetibilidade magnética específica e coeficiente de absorção ótica), outras substâncias químicas (propriedades química, como capacidade de oxidação e solubilidade em um certo líquido), organismos biológicos (propriedades biológica e bioquímica, como  $DL_{50}$  e efeito anestésico) e sistemas ecológicos (propriedades ecológicas, como o potencial de diminuição de ozônio e o fator do efeito estufa) (SCHUMMER, 1998a).

As mudanças podem ser classificadas em relação (1) ao objeto que muda, (2) ao tipo ou dimensão da mudança e (3) a reversibilidade ou reprodutibilidade da mudança (SCHUMMER, 1997). O conhecimento das propriedades dos materiais é feito através de alíquotas, por indução experimental. O químico explora as propriedades químicas (afinidade, reatividade, etc.) de uma substância levando determinada quantidade dela a reagir com outra (PSARROS, 2001). Secundariamente, o não comportamento em certos contextos, isso é, a não-reatividade com certos reagentes, por exemplo, são propriedades materiais também importantes (SCHUMMER, 1998b).

A interpretação teórica e a elaboração de modelos explicativos também sugerem outras reflexões em relação à química. Pierre Laszlo (1995) sugeriu que a narração das transformações das substâncias é dupla. Em um nível primário e fenomenológico haveria uma descrição macroscópica, em que se abordam as súbitas ebulições ou erupções, as precipitações ou o aparecimento de turvações numa solução límpida. Em um segundo nível, mais abstrato, as modificações observadas pelos nossos órgãos sensoriais, e pelos instrumentos que os ampliam, seriam projetadas à escala submicroscópica. A interpretação dos sinais de uma alteração submicroscópica passaria a ser metafórica. Os fenômenos químicos seriam, então, explicados com base em modelos corpusculares

(atômicos, iônicos e moleculares), envolvendo movimento e interação entre as partículas.

Átomos e moléculas pertencem a uma escala de realidade cujos objetos não podem ser percebidos pelos sentidos humanos. A escala produz dificuldades de acesso, de percepção, de conhecimento e, por isso, de reconhecimento. Dessa forma, como aponta Del Re (2000), nesse nível abstrato, nessa escala submicroscópica, os objetos conhecidos ao nível do acesso direto, vivencial, suportam analogias para objetos não diretamente acessíveis aos nossos sentidos. Assim a analogia, com as dificuldades de realismo que ela carrega, aparece como ferramenta essencial do próprio pensamento científico.

### **Implicações para o ensino de química**

Já que falei em todo o texto sobre a redução, não custa lembrar que a Filosofia, como uma das principais expressões da Academia, da Universidade, não gosta de ver reduzido o seu potencial e ser reconhecida em sua manifestação utilitarista. É por isso interessante notar que muitos filósofos da química não dão atenção ao ensino de química, aos seus problemas e as possíveis soluções que eles poderiam ajudar a apontar e desenvolver.

No Brasil, talvez, essa relação entre a Filosofia da Química e a Educação Química seja mais sinérgica, justamente por que entre nós a Filosofia da Química seja um interesse de muitos educadores químicos. Por isso, ao final deste texto, creio que é adequado trazer uma reflexão e um convite à ação.

Pensando sobre um programa para a Filosofia da Química, Laszlo (2001) sugere que devemos considerar os aspectos de comunicação na produção e redação de nossos artigos e livros. Em sua opinião, os professores de química seriam a audiência natural da Filosofia da Química. Note-se que essa sua sugestão estende uma visão restrita e uma atitude autodepreciativa e autorreferente de que a Filosofia da Química

seria um “empreendimento menor” de interesse restrito somente a “uma pequena fraternidade de filósofos da química”.

A indicação de Laszlo se deve ao fato de que os professores de química necessitam explicar conceitos difíceis e intrincados, então eles necessitam de toda a ajuda que possa ser dada. Segundo esse autor, ao fazê-los parte da audiência da Filosofia da Química, seria necessário seguir um imperativo: tornar os textos legíveis, ou seja, evitar neles o uso excessivo de jargão técnico ou filosófico e fazer um balanço cuidadoso entre narrativa e didática.

Que essa sugestão floresça em nós e que possamos escrever mais e melhores textos para professores de química sobre as formas de pensar com a Química e, inclusive, de pensar a própria Química!

## Referências

- ATKINS, P. Chemistry: the great ideas. **Pure & Applied Chemistry**, 71 (6), 927-929, 1999.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. (J.J.M. Ramos, Trad.). Lisboa: Presença. (Trabalho original publicado em 1940), 1991.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. (E.S. Abreu, Trad.). Rio de Janeiro: Contraponto. (Trabalho original publicado em 1938), 1996.
- BEJARANO, N.; EICHLER, M. L. **Filosofia da Química**: uma disciplina nascente no âmbito da Filosofia da Ciência. In: Pablo Lorenzano; Cláudio Abreu; José Ahumada; Lucía Federico; Santiago Ginnobili; María de las Mercedes O'Lery; Luís Salvatico. (Org.). **Filosofia e Historia de la Ciencia en el Cono Sur: Selección de trabajos de VIII Encuentro de Filosofia e Historia de la Ciencia del Cono Sur** (pp. 9-14). Santiago: AFHIC, 2016.
- BUNGE, M. Is chemistry a branch of physics? **Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie**, 13/2, 209-223, 1982.

- BUNGE, M. **La causalidad: el principio de causalidade en la ciencia moderna.** (H. Rodriguez, Trad.) Buenos Aires: Sudamericana. (Trabalho original publicado em 1959), 1997.
- DEL RE, G. Ontological status of molecular structure. **Hyle**, 4 (2), 81-103, 1998.
- DEL RE, G. Models and analogies in science. **Hyle**, 6 (1), 5-15, 2000.
- EICHLER, M. L. **Modelos causais de adolescentes e de adultos para as mudanças de estado e a transformação química da material.** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Desenvolvimento. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. **Ambientes Virtuais de Aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.
- EICHLER, M. L.; DEL PINO, J. C. A produção de material didático como estratégia de formação permanente de professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 9, 633-656, 2010.
- EICHLER, M. L.; Fagundes, L. C. Conductas cognitivas relacionadas con el análisis de problemas ambientales. **Enseñanza de las Ciencias**, 22, (2), 287-298, 2004.
- GOOD, M.L. Chemistry in the 21<sup>st</sup> century. A central science or a “back office” technical activity? **Pure & Applied Chemistry**, 73 (8), 1229-1230, 2001.
- LABARCA, M.; BEJARANO, N.; EICHLER, M. L. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. **Química Nova**, 36, 1256-1266, 2013.
- LASZLO, P. **A palavra das coisas ou a linguagem da Química.** (Trad. R. Gonçalves & A. Simões). Lisboa: Gradiva, 1995.
- LASZLO, P. A sketch of a program. **Foundations of Chemistry**, 3, 269-271, 2001.
- MOSINI, V. Some considerations on the reductibility of chemistry to physics. **Epistemologia**, 17, 205-224, 1994.

PIAGET, J. La psychologie, les relation interdisciplinaires et le système des sciences. **Bulletin de Psychologie**, 20 (5), 1-13, 1966.

PIAGET, J. Les méthodes de l'épistémologie (62-132). Em: J. Piaget (Org.). **Logique et conainssance scientifique** (Encyclopédie de la Pléiade). Paris: Gallimard. (1967a).

PIAGET, J. Le système et la classification des sciences (1151-1224). Em: J. Piaget (Org.). **Logique et conainssance scientifique** (Encyclopédie de la Pléiade). Paris: Gallimard.

PIAGET, J.; GARCIA, R (1971). Les Explications Causales. Paris: PUF. (1967b).

PSARROS, N. What has a philosophy to offer to chemistry? **Foundations of Science**, 3 (1), 183-202, 1998.

PSARROS, N. The lame and the blind, of how much physics does chemistry need? **Foundations of Chemistry**, 3 (3): 241-249, 2001.

SCERRI, E.R. The failure of reduction and how to resist disunity of sciences in the context of chemical education. **Science & Education**, 9, 405-425, 2000a.

SCERRI, E.R. Philosophy of chemistry – a new interdisciplinary field? **Journal of Chemical Education**, 77 (10), 522-526, 2000b.

SCERRI, E.R.; McIntyre, L. The case for the philosophy of chemistry. **Synthese**, 111 (3), 213-232, 1997.

SCHUMMER, J. Towards a philosophy of chemistry. **Journal for General Philosophy of Science**, 28, 307-336, 1997.

SCHUMMER, J. The chemical core of chemistry I: a conceptual approach. **Hyle**, 4 (2), 129-162, 1998a.

SCHUMMER, J. **Epistemology of material properties**. Em: 20 th World Congress of Philosophy: Epistemology of Material Properties, Boston/MA, USA, 10-16 Agosto, 1998b. Documento digital em: <http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~ed01/Jslit/epismat.htm>

SCHUMMER, J. Coping with the growth of chemical knowledge: challenges for chemistry documentation, education, and working chemists. **Educación Química**, 10 (2), 92-101, 1999.

TAUK-TORNISIELO, S.M; GOBBI, N.; FOWLER, H.G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.

VAN BRACKEL, J. Chemistry as the science of the transformation of substances. **Synthese**, 111 (3), 253-282, 1995, 1997.

## **Minha pequena história com a Filosofia da Química no Brasil**

*Nelson Rui Ribas Bejarano*<sup>1</sup>

Apesar de ser professor do corpo permanente do PPGEFHC UFBA/UEFS – Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana por 15 anos (completados em 2017), sentia que minha “formação epistemológica” estava precisando de um *plus*, especialmente quando orientava os trabalhos de dissertações e teses do programa e observava a dificuldade de articular, de forma satisfatória, o ensino de ciências com a História e a Filosofia da Ciência. Da mesma forma, sentia que precisava estudar o estatuto epistemológico de minha própria Ciência de referência: a Química. Tudo isso também para ser um professor melhor, um formador de professores de química melhor e mais bem preparado também para atuar na graduação na área de formação inicial de professores de química. Já o PPGEFHC foi o primeiro programa de pós-graduação na área de Ensino de Ciências no Brasil a articular esse ensino com a História e a Filosofia acolhendo a direção proposta por Mathews (1995). Interessante que nesse artigo de Mathews, publicado no Brasil pelo saudoso *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, era uma tradução de um artigo original (e ampliado) publicado no periódico *Studies in Philosophy and Education*, em 1990 (MATTHEWS, 1990). Se pudéssemos resumir em poucas palavras as ideias de Michael Matthews

---

<sup>1</sup> Professor no programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS.

diríamos que sua defesa pela contextualização do ensino de ciências (incluindo aí os ensinamentos de física, de biologia e de química, principalmente), partia do pressuposto de que se podia aprender mais conteúdos de Ciência quando se abordava esses conteúdos informados pela História e pela Filosofia da Ciência. Mathews se juntava a um grande esforço pela alfabetização científica dos cidadãos em geral (além dos escolares) a partir do grande projeto 2061. Este projeto, como é de conhecimento de todos, alude a próxima volta do cometa Halley em órbita mais próxima da Terra. Em sua última passagem, muitos projetos se apoiaram nesse evento celeste para incrementar esforços para a melhoria do ensino de ciências, entre os quais o mais famoso é o Projeto 2061, da AAAS (Associação Americana para o Avanço da Ciência). Os esforços dessa linha representada por Mathews, conhecida internacionalmente como HPS – História e Filosofia da Ciências em inglês – que é representado pelo *International History, Philosophy, and Science Teaching Group*, entidade ligada a promoção de pesquisas de ensino de ciências apoiadas pela História, Filosofia e Sociologia da Ciência com o claro propósito de melhorar o ensino e o currículo de ciências. A entidade é também responsável pela publicação do periódico *Science & Education* (informações retiradas do próprio site da entidade - <http://ihpst.net>).

### **Aproximação com perspectivas pluralistas**

No ano acadêmico de 2008, tive a oportunidade de passar um ano inteiro estudando filosofia. Num pós-doutorado, que inicialmente se previa ser para a Espanha, na última hora se transformou num pós-doutorado no Brasil, junto ao grupo do professor Osvaldo Frota Pessoa Jr na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. Osvaldo é professor e pesquisador do Departamento de Filosofia da Faculdade e também foi um dos fundadores do PPGEFHC, quando era professor do Instituto de Física da UFBA. Escrevi um projeto que apontava para a



discussão do chamado “programa de redução nas ciências” que buscava naquele momento entender o estado da arte da discussão acerca da redução nos níveis, ontológico, epistemológico e metodológico da Química a Mecânica Quântica. Osvaldo montou um grupo de pesquisadores que estavam fazendo pós-doutorado e alguns terminando seu doutoramento em filosofia da ciência e que gostariam de discutir temas como o do reducionismo, tiquismo, determinismo, holismo, emergentismo e outros “ismos” filosóficos: o grupo *Redux*.

De minha parte, iniciei fazendo uma revisão bibliográfica sobre o tema “reducionismo” e encontrei prontamente o trabalho seminal de Ernst Nagel (1961) *The Logic of Reduction in the Sciences*. Em resumo, se a teoria “x” é reduzida pela teoria “y”, implica que “x” não é nada mais que “y”. Há outras implicações também, como o fato de que “y” é anterior (no sentido de ser mais importante) que “x”. Também, se essa relação for verdadeira, então “x” depende totalmente e é constituída por “y” (definição extraída e traduzida livremente da introdução da *Stanford Encyclopedia of Philosophy* no verbete *Scientific Reduction*). Troquemos “x” pela ciência Química e “y” pela Mecânica Quântica e temos o problema que enfrentei em meu primeiro pós-doutoramento. Já nos trabalhos de Nagel, entram a ideia de assimilação – “um conjunto distinto de traços de uma teoria é *assimilada* por uma outra teoria que é manifestamente diferente (NAGEL, 1961). Vale a pena mencionar também o clássico tratamento formal da redução de teorias apresentado por Nagel (1961, pp. 336-97). Para ele, a redução é concebida como uma relação lógica entre teorias: a teoria reduzida é uma consequência lógica da teoria redutora, desde que se apresentem definições que liguem os termos da teoria reduzida aos da teoria redutora. Um exemplo tradicional é o caso de redução interteórica entre a termodinâmica e a mecânica estatística. Assim, o termo “temperatura” da termodinâmica poderia ser reduzido para termos da mecânica estatística, como o valor médio da energia cinética de um gás.

O projeto poderia se abrir para vários pontos, mas fundamentalmente, estava interessado em estudar o estado do conhecimento acerca do tema da “redução entre teorias” que iria possibilitar entender se de fato há uma “relação hierárquica” entre a Química e a Mecânica Quântica. Para efeito de formação de professores de química esse conhecimento seria essencial, ou seja, se a Química não fosse uma ciência autônoma, então muitas consequências para o ensino teriam que ser levadas em conta.

Estudamos inicialmente um filósofo – Hilary Putnam (1916-2016) – que em seus trabalhos mais atuais (PUTNAM, 1981, por exemplo) tinha abandonado o chamado realismo metafísico e apontava para uma perspectiva mais pluralista que denominou de “realismo internalista”. As posições de Putnam que apoiariam argumentos contra a ideia da redução da Química a Mecânica Quântica, podem ser resumidas assim: como não temos o “olho de Deus”, só podemos falar daquilo que descrevemos. Ou seja, Putnam se coloca como um antirrealista: não concorda com a tese central do realismo, de que há pelo menos uma parte da realidade que é independente de nossa mente. De maneira que o homem da ciência vai construindo o conhecimento apoiado nos homens da ciência do passado, são os próprios homens que constroem sua ciência, através de um acúmulo, que não nega as contribuições de homens da ciência de tempos anteriores.

Se pensarmos nas teorias como “cópias da realidade” – o que seria um realismo forte –, teríamos que pensar na existência de um mundo independente de nossa mente, o que Putnam rejeita. De maneira que para ele não é relevante saber se parte do mundo existe independente de nossa mente ou de nossas teorias. Putnam aceita que existem várias teorias ou descrições do mundo “verdadeiras” (segundo seu critério pragmático), o que equivale a um *pluralismo ontológico*. Todas as ontologias minimamente plausíveis têm o mesmo status metafísico porque todas são igualmente constituídas por descrições “objetivas”. Assim, duas teorias distintas ( $T_1$  e  $T_2$ , por exemplo) poderiam explicar um

conjunto de fenômenos naturais partindo de corpos teóricos diferentes, num mesmo contexto histórico, porém de forma autônoma, e igualmente corretas, sem que devamos considerar  $T_1$  ou  $T_2$  como uma teoria de hierarquia mais ou menos elevada. De maneira que o chamado pluralismo epistemológico aceita que a Química explica um conjunto de fenômenos de uma certa maneira e que a Mecânica Quântica explica os mesmos fenômenos de outra maneira e não há incompatibilidade nisso. Putnam rejeita, assim, a concepção de verdade como correspondência entre teoria e realidade externa. Ele propõe que a verdade deve ser entendida como “aceitabilidade racional”, um elemento provindo do pragmatismo, que envolve além de critérios puramente racionais também critérios do campo da moral, da ideologia e da ética (ver NIINILUOTO, 1999, cap. 7). As posições de Putnam foram importantes para nossa defesa da autonomia da Química num primeiro momento. Naquele instante nos apoiamos também nos argumentos de Olímpia e Labarca (2005) que também tinham em Putnam seu alicerce filosófico, o que demonstrava uma adesão a ideias kantianas, na medida em que o ponto fundamental é a tese de que os objetos não existem independentemente de esquemas conceituais, posição essa que é próxima à visão de Kant.

Concordamos em linhas gerais com essas ideias, especialmente quanto à autonomia ontológica da Química. Acreditávamos, porém, que era também possível argumentar que esta autonomia fosse consistente também com uma postura mais realista externalista. Ou seja, não é preciso adotar a filosofia de Putnam, nem tese central de Kant, para chegar à mesma conclusão de Lombardi & Labarca com relação à autonomia da Química, como será argumentado a seguir.

Com o desenrolar do estudo pudemos avançar um pouco mais e propor inclusive que algumas formas mais brandas de realismo seriam compatíveis com a ideia de pluralidade epistemológica, e até ontológica, com a autonomia da Química frente a Mecânica Quântica. Sair dos argumentos de Putnam e dos filósofos argentinos (Olímpia Lombardi e

Martín Labarca), representou um avanço que precisa ainda ser retomado com mais cuidado. De toda forma, significou um passo importante em minha trajetória dentro da Filosofia da Química. Vou tentar resumi-lo e explicar algumas questões que esse estudo trouxe em relação a defesa da autonomia da Química frente a Mecânica Quântica. O trabalho que apresentamos na VII Reunião da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), tentava caminhar por formas “mais brandas” de realismo – o Realismo de Entidades e o Realismo Estrutural – para verificar se encontramos argumentos que sustentam a autonomia da Química frente a outras ciências da natureza. Partimos do pressuposto que há uma falha na tentativa de levar a cabo uma redução epistemológica de forma cabal (demonstrada por Lombardi & Labarca, 2005, p. 133, por exemplo). O argumento reducionista aponta para uma reação química como sendo um conjunto enorme de moléculas interagindo entre si. De maneira que se a Mecânica Quântica pode entender o comportamento de cada átomo dessas moléculas, a soma desse “entendimento” estendido ao conjunto de moléculas da reação poderia levar a uma redução do comportamento macroscópico desse sistema para o sistema sub-microscópico. Para os reducionistas, então, uma reação química não seria nada mais que um grande sistema de átomos interagindo segundo as leis da física quântica. Este seria um exemplo de redução do tipo “ontológica” (BEJARANO, 2012).

Mesmo um dos maiores defensores da redução da Química, como de parte da própria Física, o físico Paul Dirac, já dizia em 1929: “As leis físicas básicas necessárias para a teoria matemática de uma larga parte da física e da totalidade da Química são completamente conhecidas [pela mecânica quântica], e a dificuldade é apenas que a aplicação exata dessas leis levam a equações complicadas demais para de serem solúveis”. Muitos reducionistas já admitem que para uma reação química envolvendo macromoléculas como as proteínas, torna-se impossível uma reconstrução do tipo *ab initio* para o comportamento macroscópico dessas reações. Se essa redução a partir da explicação química fosse

possível, estaríamos diante de uma redução do tipo “epistemológica”. Essa falha da redução epistemológica, vista através das palavras de Dirac, mostra que os reducionistas avisam que se resolverem os problemas das “equações complicadas demais”, reduzirão no futuro a explicação para os sistemas das reações químicas, mesmo as mais complexas envolvendo as biomoléculas. A mesma impossibilidade de redução epistemológica *ab initio* ocorre com a tabela periódica. Utilizando-se de um programa computacional conhecido como *Hartree-Fock* os físicos quânticos explicam o preenchimento eletrônico de vários elementos da tabela periódica, porém esbarram em muitos outros. Nesses casos, tendo que recorrer a dados experimentais químicos. Falamos aqui, especialmente, dos elementos 19, 20 e 21. Nesses casos, há uma inversão da ordem de preenchimento a partir da ideia de preenchimento dos orbitais de menor energia para em seguida passar o preenchimento dos orbitais de maior energia. No caso do elemento 19 (Potássio), se esperava  $3p^6 3d^1$ , porém ocorre a configuração  $3p^6 4s^1$ . Essa violação da ordem de preenchimento obriga o cálculo do método *Hartree-Fock* a fazer ajustes *pos hoc*, ou seja, a partir de dados experimentais químicos (SCERRI, 2004, p. 109).

Esses são alguns exemplos da falha da redução epistemológica, há inúmeros outros como: ligação química, quiralidade, estrutura molecular e orbital, entre outros, que não são tratáveis de forma rigorosa pela mecânica quântica (OLÍMPIA; LABARCA, 2005). Em termos da redução ontológica, a ontologia da Química não depende de uma ontologia fundamental, mas somente da estrutura conceitual que a constitui. O fato de que o mundo químico não se reduz ao mundo físico não significa que ambas as ontologias são completamente isoladas uma da outra; ao contrário, elas são interconectadas por conexões nomológicas não-reducionistas, que permitem a existência de uma relação objetiva entre os mundos, mas preserva a autonomia ontológica de cada uma das ciências (PUTNAM, 1981, p. 138).

## O Pluralismo e o Realismo de Entidades

A partir da década de 1950, com o declínio do positivismo lógico, começam a se destacar diversas concepções realistas a respeito das teorias científicas, como as visões de Popper, Feigl, Sellars, Smart, Bunge, Maxwell e Putnam (antes de 1976), entre outros. Uma forma particularmente forte de realismo na ciência é chamado por Niiniluoto (1999, p.10) de *realismo científico crítico*, que englobaria as concepções de Popper, Sellars, Bunge, Boyd, Nowak e do próprio Niiniluoto. Este último destaca diferentes teses relativas ao realismo, sendo que o conjunto dessas teses constituiria o realismo científico crítico.

R1) *Realismo ontológico*: Pelo menos parte da realidade é ontologicamente independente de mentes humanas. R2) *Realismo semântico*: A verdade é uma relação semântica entre linguagem e realidade, no sentido de uma teoria da verdade por correspondência. O melhor indicador de verdade é dado pelos métodos sistemáticos da ciência. R3) *Realismo teórico*: Os conceitos de verdade e falsidade são aplicáveis a todos os produtos linguísticos da investigação científica, incluindo relatos de observação, leis e teorias. Afirmações sobre a existência de entidades teóricas possuem valor de verdade. R4) *Realismo axiológico*: A verdade é uma das metas essenciais da ciência. R5) *Realismo crítico*: Não é fácil ter acesso à verdade, e mesmo nossas melhores teorias podem não ser verdadeiras. Mesmo assim, é possível se aproximar da verdade, e fazer avaliações racionais sobre tal processo cognitivo. R6) *Inferência para a melhor explicação*: A melhor explicação para o sucesso prático da ciência é a suposição de que teorias científicas são de fato aproximadamente verdadeiras ou suficientemente próximas à verdade.

Nesta concepção realista, não parece haver lugar para um pluralismo teórico. Na comparação entre a concepção da Química e da Física Quântica a respeito de uma reação química, haveria uma teoria que se aproximaria melhor da verdade, então não haveria como

sustentar que as ontologias de ambas as teorias são equivalentes. Uma seria mais fundamental, e a outra seria em princípio redutível a esta.

No entanto, há algumas propostas na literatura que buscam uma forma mais branda de realismo, que aceitariam por exemplo as teses R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub>, mas não as teses R<sub>5</sub> e R<sub>6</sub>. Essas formas brandas incluiriam o realismo de entidades e o realismo estrutural.

O *realismo de entidades* defende que podemos defender a realidade de entidades que correspondem a termos teóricos, como elétrons, mesmo que não tenhamos certeza sobre suas propriedades reais (se é onda, ou partícula, ou os dois, etc.). Esta visão é defendida por Ian Hacking, que salienta o papel da manipulação ou intervenção prática (como num microscópio) na determinação da existência de uma entidade. Esta forma de realismo engloba também a crítica que Nancy Cartwright faz à veracidade das leis, que seriam meras aproximações. Ela aceita a existência de entidades teóricas que apareçam em explicações causais, mas declara que as leis fundamentais da física não são verdadeiras (NIINILUOTO, 1999, p. 139). Outros autores classificados como realistas de entidade são Giere e Harré.

No caso de uma reação química, podemos afirmar com segurança que ela é real, mas as descrições quânticas e químicas estão em pé de igualdade, pois ambas envolvem pré-suposições teóricas que são passíveis de revisão. O realista de entidades aceita a existência de entidades cuja realidade é bem confirmada pela ciência, mas não se compromete com a veracidade das leis teóricas que descrevem essas entidades. Ou seja, ele não se compromete com a veracidade da equação de Schrödinger da mecânica quântica, e se no futuro ela for modificada (por exemplo, por pequenos termos não-lineares), isso não trará embaraços para o realista de entidades.

Em suma, por não se comprometer com a veracidade das teorias, o realismo de entidades sustenta bem a tese da pluralidade teórica, sem traçar uma hierarquia reducionista entre a teoria química e a quântica (BEJARANO, 2012).

## O Pluralismo e o Realismo Estrutural

O realismo estrutural, ao contrário do realismo de entidades, defende que a ciência só tem acesso às estruturas ou relações da realidade, e não à coisa em si. Desta perspectiva, as leis científicas tornam-se os únicos elementos das teorias que podem ser interpretados realistamente (NIINILUOTO, 1999, p. 133). Esta visão é defendida modernamente por John Worrall, mas há vários precursores (influenciados por Kant) como Poincaré, Russell, Schlick, e também o filósofo escocês William Hamilton, que tanto influenciou a epistemologia baseada em analogias de James Clerk Maxwell. Além desta variante “epistemológica”, há também um realismo estrutural ontológico, como em James Ladyman, que se baseia na tese de que estruturas matemáticas conjuntistas existem na realidade, e que a ciência tem acesso a essas estruturas.

O realismo estrutural afirma que as relações ou estruturas da natureza preexistem ao conhecimento humano, e podem ser descobertas pela ciência. O realismo estrutural pode atribuir uma realidade independente também para as coisas em si, mas considera que a natureza desta coisa em si é inacessível para o homem. O que é acessível são as relações matemáticas, as formas geométricas, etc. Por exemplo, não sabemos se o elétron existe, ou qual é sua natureza, mas sabemos que há experimentos que exibem regularidades (por exemplo, padrões de interferência), e que essas são explicadas por leis. Para o realista estrutural, essas leis são objetivas e são uma propriedade da realidade física.

Será o pluralismo teórico consistente com o realismo estrutural? À primeira vista, não. Por exemplo, a teoria da relatividade descobriu um novo conjunto de leis que se aplicam não só para objetos cotidianos ou planetas, como fazia a mecânica newtoniana, mas também para objetos se movendo a velocidades próximas às da luz. Para o realista estrutural, a



descrição relativista é superior à newtoniana, e as leis da física clássica podem ser obtidas como aproximações, a baixas velocidades, das leis da teoria da relatividade.

No entanto, o caso da Química, e sua suposta redutibilidade à Mecânica Quântica, apresenta um aspecto adicional. Trata-se das flutuações térmicas providas do ambiente em torno da molécula, que faz com que muitas propriedades quânticas sejam apagadas. Por exemplo, quanticamente uma molécula de sacarose pode se encontrar em uma superposição entre seus estados dextrogiro e levogiro, mas os efeitos do ambiente provocam um colapso desta estrutura superposta a uma única estrutura. Anderson (1972) chama esta transição de “quebra de simetria”. Ao se levarem em conta esses efeitos ambientais, as leis e estruturas derivadas da teoria quântica acabam sendo isomórficas às estruturas obtidas da Química, e estas são consideradas reais.

Tomemos outro exemplo, considerando a descrição fornecida pela Química para uma reação envolvendo proteínas. O químico falará de ligação covalente, equilíbrio de reação, etc., e obterá as leis de reação adequadas ao sistema macroscópico sendo estudado. Consideremos agora a descrição da teoria quântica. As moléculas envolvidas podem ser tratadas através da equação de Schrödinger, mas a complexidade do sistema só permite soluções muito aproximadas. Há, porém, um ponto adicional. Para se chegar a um tratamento macroscópico, deve-se considerar o processo de “descoerência” que embaralha as correlações quânticas e transforma o sistema quântico em um sistema clássico (PRIMAS, 1990). Ao se aplicar o formalismo para descrever tal processo, o resultado final obtido, no caso de uma reação química, será idêntico à lei macroscópica prevista pela química. Ou seja, as leis macroscópicas previstas pela cinética química clássica e pela química quântica serão idênticas. Para o realista estrutural, ambas as descrições são equivalentes, e pode-se falar em um pluralismo ontológico na descrição de reações macroscópicas.

Naturalmente, a química clássica não consegue descrever os detalhes da interação entre moléculas individuais, e neste domínio a mecânica quântica é superior. Mas há uma diferença entre este caso e o exemplo da teoria da relatividade. No exemplo precedente, a mecânica relativística prevê uma correção minúscula para a mecânica newtoniana, mesmo para objetos com velocidades baixas. O mesmo não acontece no caso quântico, pois as correções quânticas são apagadas na passagem para o nível macroscópico, pelo processo de descoerência.

Um realista científico crítico, como Niiniluoto, poderia ainda argumentar que a descrição em termos de moléculas é ontologicamente mais fundamental do que a descrição cinética química. Mas o realista estrutural só pode julgar a partir das equações que descrevem o fenômeno, e neste caso as equações previstas são idênticas. Havendo subdeterminação das leis pelas duas teorias, ambas são ontologicamente equivalentes, para o realista estrutural (BEJARANO, 2012).

Há também a necessidade de algumas considerações sobre a chamada redução “metodológica”. Para tanto, vamos recorrer a um breve trecho do livro “História da Química” de Bernadette Bensaud-Vincent e Isabelle Stengers (1992). Estamos aqui preocupados em falar “como” os químicos produzem conhecimento químico, ou seja, desejamos especular sobre uma possível metodologia do “fazer químico”. Uma tarefa impossível sem que se leve em consideração duas questões em que o químico deve estar atento todo o tempo enquanto está imerso em sua práxis química: as decisões que precisa tomar no âmbito da experimentação em curso e sobre o papel que essa experimentação tem com as teorias químicas daquele contexto reacional. Enfim, a chamada relação entre a teoria e a empiria. Para essas autoras, há uma singularidade nessa relação. Diferentemente dos físicos, ou de outras ciências da natureza, a Química joga um jogo em que suas teorias pairam sobre a experimentação, não reprime, restringe ou cerceia o desenvolvimento da experimentação. Vamos à citação das autoras, que fala por si própria:

A característica principal do jogo a que o químico se entrega é que ele deve operar na matéria por delegação, por moléculas interpostas, que trabalham num balão. Deve controlar a sua ação, dirigi-la sobre um local específico da estrutura molecular: romper uma ligação aqui, formar outra acolá, o que exige experimentação e astúcia, pois cada vez que intervém um ator, um reagente, tem tendência a operar indiscriminadamente por todo o lado. Por exemplo, se um reagente tiver de juntar um átomo de cloro ou de bromo, ou quebrar uma dupla ligação por oxidação, fá-lo em todos os locais em que esta operação for possível. É, pois, necessário delinear métodos para limitar sua ação, traçar um caminho e conduzir a reação em função dos reagentes disponíveis. É também preciso estabelecer a ordem de aparição dos diversos reagentes-atores, gerir etapas, criar intermediários com grupos protetores, espécie de alicerces construídos para manter intactas certas partes da estrutura enquanto se trabalha sobre as outras. É toda uma arte, em que se conjugam delegação – deixar-se agir um reagente – e manipulação – consegue-se que ele atue onde se quer e como se quer. Mais ainda, para controlar o que se passa na síntese é preciso jogar com as condições de reação: modificar a temperatura, o pH, o tempo da mistura.... Também aqui se procede passo por passo. Sem esquecer, em cada etapa, testar os produtos intermediários obtidos para assegurar a sua composição: dissolver, cristalizar, traçar espectros, em resumo, mobilizar toda a artilharia analítica para assegurar o controle de cada fase. Ou seja, cada etapa intermediária deve ser cuidadosamente preparada, premeditada, antes da realização do conjunto de todo o processo. O fato de hoje em dia estas estratégias passarem por simulação em computador, não altera essencialmente a natureza do jogo. O químico avança os seus peões no tabuleiro e procura obter o resultado previsto: xequemate. (BENSAUD-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 223).

Primorosa essa descrição dessas autoras. A experimentação química possui sua própria narrativa criada pelo químico que manipula essa porção da matéria. Tem alguma coisa de “astúcia”, deve ele procurar ter o controle dos fenômenos que estão ocorrendo, que de outra forma podem fugir do controle e ir para outras rotas. A teoria está presente ao informar que o ataque a uma dupla ligação deve ocorrer por uma reação de oxidação, por exemplo, para que então se possa adicionar uma partícula como o bromo ou cloro, mas essa teoria não pode impor um

caminho, ela apenas indica o que pode acontecer. Existe uma tensão entre a teoria e a manipulação da matéria que deve ser controlada. Diferentemente de outras ciências da natureza, como a Física, por exemplo, que tem outra relação com a teoria, mais rígida talvez do que faz a Química. Assim, pensamos que também do ponto de vista “metodológico” não há como deixar de reivindicar a autonomia da Química frente as outras ciências da natureza. Ninguém é capaz de fazer o trabalho do químico, a não ser ele próprio!

### **Outros trabalhos dentro da Filosofia da Química**

No período entre os meios dos semestres 2015 e 2016, fui aceito pelo professor Agustín Adúriz-Bravo, líder do grupo Grupo de Epistemología, Historia y Didáctica de las Ciencias Naturales que faz parte do CeFIEC - - Instituto de Investigaciones em Didáctica de las Ciencias Naturales y la Matemática - que estão institucionalmente ligados a Universidade de Buenos Aires, para um segundo estágio pós-doutoral. O desafio, nesse caso, era avançar em relação ao primeiro pós-doutorado. Para nós já estava bem estabelecida a importância da filosofia para o ensino de ciências (e do ensino de química em particular). Restava uma questão de difícil resposta, mas que teria que ser enfrentada: Como escolher os conteúdos da filosofia da ciência que seriam relevantes para a formação do professor de química.

Inicialmente, já tínhamos consciência de que o forte do grupo de Agustín era a discussão acerca da HPS. Tendo me aproximado desse grupo, inclusive participando de uma de sua conferência internacional, o *130. International Conference Biennial of History, Philosophy and Sociology and Science Teaching*, realizada na cidade do Rio de Janeiro em 2015. Há filósofos da química no grupo de HPS, ali estão, por exemplo, Rosária Justi - pesquisadora brasileira que trabalha com modelos - e principalmente Sibel Erduran entre outros e outras pesquisadores e pesquisadoras importantes. Ocorre que o foco - não o trabalho dessas

duas filósofas anteriormente citadas - das discussões da HPS está ligado a questões de filosofia da ciência em geral, não estando ligado a filosofia de uma ciência particular. De forma que as discussões se remetem, por exemplo, a “características da ciência”, sem especificar a qual ciência se referem essas características. Sim, há características das ciências da natureza que são compartilhadas, como vemos na lista de questões - ou cânones - que propõe Matthews (2011), a partir de uma crítica que faz a uma outra lista proposta por Lederman e outros(2002):

Em que sentido é o conhecimento científico é provisório? E em que sentido é duradouro? Em que sentido o conhecimento científico é empiricamente baseado (baseado ou derivado de observações do mundo natural)? E em que sentido ele não é frequentemente empiricamente baseado? Qual a extensão da subjetividade dos cientistas e do conhecimento científico? E qual a extensão de quanto esse conhecimento pode ser objetivo? Em que sentido o conhecimento científico é produto de inferências humanas, imaginação e criatividade? E em que sentido isso não é o caso? Em que sentido o conhecimento científico é social e culturalmente influenciado? E em que sentido ele transcende a sociedade e a cultura? Em que sentido o conhecimento científico é inventado? E em que sentido ele é descoberto? Quanto a noção de método científico distorce o que a ciência atualmente faz? Quanto é um retrato fiel de como a ciência funciona? Em que sentido leis e teorias são tipos diferentes de conhecimento? E em que sentido elas estão relacionadas? Como observações e inferências são diferentes? E em que sentido elas não são diferenciáveis? Como a ciência privada difere da ciência pública? Em que sentido elas são similares? (MATHEWS, 2011).

Tomemos apenas uma dessas duplas questões, “Qual a extensão da subjetividade dos cientistas e do conhecimento científico? E qual a extensão de quanto esse conhecimento pode ser objetivo?”. Ora, já tivemos a oportunidade de discutir através da citação de um trecho do livro de Bensaud-Vincent e Stengers (1992), que há tomadas de decisões que os químicos devem fazer durante todo o tempo em que estão fazendo

experimentação e produzindo conhecimento químico genuíno. Podemos chamar esse comportamento de subjetivo? O fato de nosso químico hipotético, trabalhar de uma forma em que a teoria fica menos diretiva na ação, pode nos levar a pensar que o conhecimento químico é menos objetivo? Ou seja, o conjunto de discussões que são travadas no âmbito da HPS, precisam ser examinadas a luz de uma “natureza da ciência química” e não de uma NOS – Natureza da Ciência –, vista de uma maneira geral como faz a comunidade HPS. A importância do trabalho do *International History, Philosophy, and Science Teaching Group* é extraordinário. Mas para falar de características das ciências temos que falar das características de uma ciência X, determinada. Propor conteúdos de filosofia para a formação de professores de química, implica em falar das singularidades da Química, através da filosofia da própria Química.

Temos que admitir que essa discussão ainda precisa ser feita com mais cuidado. Enquanto há uma comunidade específica de filósofos da química – ISPC – há uma comunidade internacional de HPS, onde há filósofos da química, mas que de certa maneira possuem uma agenda de discussões que são diferentes.

Nossa opção é pela agenda de discussão que está sendo trazida aos eventos promovidos pela ISPC e pelos dois periódicos mais importantes da área de Filosofia da Química: as revistas *Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry* e *Foundations of Chemistry*. Pelo simples motivo de que há muitas singularidades na ciência Química que escapa das “características gerais” da Ciência (também vista de forma mais geral). Apenas para citar algumas dessas singularidades, diríamos que: A relação da teoria com o experimento; A explicação química; O fato da Química ser uma ciência que se apoia sobremaneira em modelos, diagramas e representações pictóricas; O papel crucial que a história da Química joga na definição do que é essa própria ciência; A tabela periódica é para a Química nosso “santo Graal”, assim como a teoria da evolução o é para a Biologia e a Mecânica Quântica o é para a Física?

Podemos considerá-la em vias de ser totalmente axiomatizada? Ou, nada disso, pelo contrário? Embora já tenhamos elencado o tópico “modelos”, um destaque a mais para o “problema dos orbitais” atômicos e moleculares. Nos referimos a “problema dos orbitais” pois temos que lembrar – a todo momento – que orbitais “não existem”, e isso todo químico sabe, mas para produzir conhecimento químico genuíno, falar de modelos como entidades “reais”, nos é caro. Como contornar esse problema? Sim, logicamente, o problema da “redução” do ponto de vista do realismo (mais forte, mais brandos...), do ponto de vista do antirrealismo; O problema da ética na Química, a questão dos valores; Uma pincelada de sociologia da química para estudarmos o que pensa a sociedade sobre a ciência Química; O papel da matemática na ciência Química...

Tudo isso é muito, mas sei que será muito mais bem tratado nesse livro por Marcos Pinto, a partir de trabalho como (2011, por exemplo) que tem uma discussão muito mais acurada sobre os “campos estruturantes” da Filosofia da Química. Assim, consideramos que estamos no caminho para apontar os conteúdos necessários e urgentes que precisam ser discutidos no âmbito da formação de professores de química.

Em um trabalho que apresentamos no VIII Encontro da AFHIC, em Santiago do Chile, (BEJARANO; EICHLER, 2012), revisamos todos os artigos publicados pela revista *Foundations of Chemistry* e também pela *Hyle*. Encontramos, por exemplo, as palavras-chave mais utilizadas pela revista *Foundations*, até então: Tabela Periódica, Redução, Mecânica Quântica, Emergência, Mendeleiev, Química Quântica, Ligação Química, Elemento e Explicação. Não por acaso – para começar – um bom programa de estudo de Filosofia da Química para professores de química em formação inicial. Já nos números especiais da *Hyle*, encontramos os temas que a revista destaca e apresenta em “números especiais”.

Vamos tomar os temas trazidos nesses números especiais como “termômetro” do que a revista julga importante: Modelos na Química. A

esse tema, nada menos que três números são dedicados a discussão sobre modelos em seus aspectos epistemológicos, ontológicos e relação modelo/realidade (1999, 2000, 2000b). Ou seja, temos uma ideia do valor que a revista dá para a discussão sobre “modelos na Química”. Em 2001, a revista de origem alemã, publica outro número especial, dessa vez sobre o tema “Ética na Química” (HYLE, 2001). A perspectiva que a revista assume para a definição de ética é que assim como a Química é um ramo da ciência, a ética da Química é um ramo autêntico da filosofia dessa ciência. Nesse número um artigo de Joachim Schummer nos chamou atenção. “*Ethics of Chemical Synthesis*”. Schummer afirma que a síntese química não pode ser um lugar ‘onde vale tudo’. Os químicos sintéticos devem fazer um severo julgamento sobre as moléculas que estão sintetizando. Ou seja, refletir sobre possíveis usos no sentido não previsto dos produtos sintetizados, como os que podem causar danos à humanidade, por exemplo. Existem cerca de 10 milhões de novas moléculas criadas (HOFFMAN, 2007) que não existiam na natureza. Os químicos, especialmente os sintéticos, precisam responder à sociedade uma questão crucial: o mundo ficou melhor ou pior com essas novas milhões de moléculas? (SCHUMMER, 2001; HOFFMANN, 2007).

Há também um outro artigo interessante nesse caderno temático sobre “ética”, “*Handling Proliferation*” de Pierre Laszlo que traz uma reflexão interessante: “A degradação epistêmica produz indiferença moral”. O artigo trata do excesso de manipulação na produção de novas substâncias, poderia estar deixando os químicos “insensíveis” moralmente dizendo? O artigo traz um dado preocupante, informa que dos 40.000 produtos químicos mais usados no mundo atualmente, apenas 150 (cento e cinquenta) foram completamente examinados pelos órgãos responsáveis. Enfim, há mais de 39.000 produtos químicos sendo fartamente usados, sem que se tenha um conhecimento completo sobre seus efeitos (segundo relatório da OCDE de 2000). Em 2002, é publicado outro número dentro da temática de “Ética na Química”.



O último artigo é de Educação Química “*The Future of Tertiary Chemical Education – A Bildung Focus?*” de autoria de K.K. Eriksen (Univ. de Copenhagen). O foco do artigo é a formação do aluno de química na universidade e acredita na ideia que a formação reflexiva desse aluno pode levá-lo a ter uma atitude reflexiva e assim caminhar guiado por padrões éticos mais rígidos. Essa hipótese é a que comungamos e esperamos que nos cursos de química no Brasil se possa rapidamente incluir reflexões filosóficas como essas propostas pela revista *Hyle*.

Houve também a publicação de dois números especiais sobre Estética e Visualização em Química (*Aesthetics and Visualization in Chemistry*). Hyle (2003 e 2003b). E também dois números dedicados especialmente ao tema Química e Matemática (*Chemistry and Mathematics*) (2012 e 2013). Um número especial dedicado a própria Filosofia da Química (Lições Gerais da Filosofia da Química) no 20º aniversário da revista no volume 20, no. 1 de 2014. Finalmente, um número especial de “Estudos de casos Éticos da Química” no volume 22, no. 1 de 2016. Não vamos comentar qualquer desses outros números especiais por absoluta falta de espaço.

Apenas para resumir: Três números sobre “modelos na Química”; Dois números sobre “Ética na Química” (incluindo o número sobre “Estudos de casos Éticos da Química”); dois números sobre “Estética e Visualização na Química”; Um número sobre “Química e Matemática”; Um número sobre a própria “Filosofia da Química”.

Todos esses números especiais da revista *Hyle* poderiam ser um rico material (inicial) para a conformação de uma componente curricular de formação de professores de química (inicial e continuada, porque não?) e também para os bacharéis em química que também precisam se beneficiar dessas reflexões. Afinal, a Filosofia da Química deve se remeter e interessar toda a comunidade de químicos, sejam químicos educadores ou bacharéis, sejam – especialmente – os professores formadores de

professores de química da área da educação, sejam os professores formadores da área conhecida como da “área dura”.

Essas posições filosóficas, a nosso juízo, não devem ser descartadas dos cursos de formação de professores de Química. A perspectiva de discussão de uma filosofia da ciência mais geral, ou numa primeira aproximação às discussões filosóficas, nos parece que tem certa utilidade. O problema reside em considerar que a formação filosófica do professor de Química seria contemplada apenas com essas discussões. Nossa defesa é de que a Química como ciência impõe uma agenda de discussão que é própria da Filosofia da Química. Os problemas que nossa ciência suscita só podem ser abordados dentro de uma filosofia específica, que a nosso ver é a Filosofia da Química, que tem acumulado nesses últimos 25/30 anos uma reflexão bastante ampla e profunda sobre essas questões que estamos chamando de singulares da Ciência Química.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Osvaldo Pessoa Jr., pela revisão das partes referentes à mecânica quântica. Muitas ideias aqui apresentadas se originaram das discussões do Grupo Redux.

## **Referências**

ANDERSON, Philip W. More is Different. *Science*, 177: 393-96, 1972.

BEJARANO, Nelson. **O exame de duas formas mais brandas de realismo no debate da redução da Química à Mecânica Quântica**. VII Reunião da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC). Canela, RS. 2012.

BEJARANO, N.; EICHLER, M. III Encuentro de la Asociación de Filosofía e Historia del Cono Sur. **Filosofia da Química: uma disciplina nascente no âmbito da Filosofia da Ciência**. 2012.

BENSAUD-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Coleção Histórias e Biografias. Instituto Piaget. 1992.

DIRAC, P. A.M. Quantum Mechanics of Many-Electron Systems. **Proceedings of the Royal Society of London** A123: 714-33, 1929.

GATTI, F. G.; PESSOA JR., O. **O debate entre as interpretações reducionista e emergentista da física**. VII Reunião da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC). Canela, RS. 2012.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Anniversary Issue: Models in Chemistry (1). 1999, volume 5, no. 2.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Anniversary Issue: Models in Chemistry (2). 2000, volume 6, no. 1.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Anniversary Issue: Models in Chemistry (3). 2000b, volume 6, no. 2.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Ethics of Chemistry (1). 2001, vol. 7, no. 2.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Ethics of Chemistry (2). 2002, vol. 8, no. 1.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Aesthetics and Visualization in Chemistry (1). 2003, Vol. 9, no. 1.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Aesthetics and Visualization in Chemistry (2). 2003b, Volume 9, Number 2, October.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Chemistry and Mathematics, Part 1. 2012. -Vol. 18, no. 1

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Chemistry and Mathematics, Part 2. 2013. - vol. 19, no. 1.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue on the Occasion of HYLE's 20th Anniversary: **Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - General Lessons from Philosophy of Chemistry. 2014. Volume 20, Number 1, December.

**Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue "Ethical Case Studies of Chemistry" - 2016. vol. 22, no. 1.

HOFFMANN, R. **O Mesmo e o Não-Mesmo**. São Paulo: UNESP, 2007.

**International History, Philosophy, and Science Teaching Group**. Site oficial. <http://ihpst.net/>. Acesso em 15/06/17.

ERIKSEN, K. K. The Future of Tertiary Chemical Education – A Bildung Focus? **Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - 2002. Volume 8, Number 1, April

LAZSLO, P. Handling Proliferation. **Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry** - Special Issue: Ethics of Chemistry (2). 2002, vol. 8, no. 1.

LEDERMAN, N. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**. Vol. 39 - no. 6, 2002.

LOMBARDI, O.; LABARCA, M. The Ontological Autonomy of the Chemical World. **Foundations of Chemistry**, 7: 125-48, 2005.

MATTEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.

MATTEWS, M. History, Philosophy, and Science Teaching: What Can Be Done in an Undergraduate Course? **Studies in Philosophy and Education**, 10(1), 93-98, 1990.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: From Nature of Science to Feature of Science. In M.S. Khine (ed.) **Advances in Nature of Science Research**, Springer, Dordrecht, pp.3-26. 2012.

NAGEL, E. **The Logic of Reduction in the Sciences**. (1961 - original): The Structure of Science. Hackett Publishing Company. Indianópolis. 1979.

NAGEL, E. **The structure of science**. New York: Harcourt, Brace & World, 1961.

NINILUOTO, Ilkka. **Critical scientific realism**. Oxford: Oxford University Press. 1999.

NYE, Mary Jo. **From chemical philosophy to theoretical chemistry**: dynamics of matter and dynamics of disciplines, 1800-1950. Berkeley: University of California Press, 1993.

PRIMAS, Hans. **Induced Nonlinear Time Evolution of Open Quantum Objects**. In: Miller, A.I. (org.). *Sixty-two years of uncertainty*. New York: Plenum, pp. 259-80, 1990.

PUTNAM, Hilary. **Reason, truth and history**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

**Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Verbete sobre Scientific Reduction. Notas introdutória do verbete. Abril de 2014. <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-reduction/>. Acesso em 15/06/17.

SCHUMMER, Joachim. Ethics of Chemical Synthesis. **Hyle - International Journal for Philosophy of Chemistry**. 2001. Vol. 7, no. 1.

SCERRI, Eric. Just how ab initio is ab initio quantum chemistry? **Foundations of Chemistry** 6: 93-116, 2004.

SJÖSTRÖM, Jesper. The discourse of chemistry (and beyond). **HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry**, 13: 83-97, 2007.



**Aproximando filosofia da química,  
história da ciência e ensino de química:  
trajetória e perspectivas**

*Paulo Alves Porto*<sup>1</sup>

**Da química à história da ciência: um caminho rumo à filosofia da química**

O que é a química? Consultando definições de dicionários ou enciclopédias, ou mesmo se questionarmos um profissional de química ou professor, podemos obter respostas aparentemente simples, que deixarão satisfeitos a maioria dos curiosos. Entretanto, se nós, profissionais e educadores em química, refletirmos de maneira mais profunda, veremos que essas definições são insuficientes: a resposta a “o que é a química?” é muito mais complexa do que qualquer definição pode abranger. Envolvido com a química desde as primeiras noções vistas no ensino fundamental, e depois em um curso técnico em química no ensino médio, minha trajetória pessoal e profissional me levou a fazer esse tipo de questionamento ao longo de uma caminhada longa e não linear, e essa busca me aproximou da filosofia da química.

Satisfeito com as perspectivas profissionais e com os horizontes intelectuais que uma carreira em química parecia oferecer, ingressei no curso de graduação do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP) na metade da década de 1980. O curso no IQ-USP me pareceu

---

<sup>1</sup> Professor de graduação no Instituto de Química (USP) e de pós-graduação no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (USP).

muito eficiente naquilo que se propôs a fazer: formar cientistas, capazes de se dedicar à pesquisa ou de enfrentar sistematicamente os problemas que se apresentam no cotidiano das variadas empresas relacionadas ao setor químico. Uma expressão corrente no IQ-USP, herança de seu fundador Heinrich Rheinboldt (1891-1955), era que o objetivo do curso era fazer com que os alunos aprendessem a “pensar quimicamente” (ARAÚJO, 2016, p. 34-36). Embora o significado dessa expressão nunca tenha sido discutido ou problematizado, era um ideal aceito e compartilhado tacitamente pela comunidade do IQ-USP – e os resultados do processo formativo confirmavam que esse ideal era alcançado. Nos anos finais do curso de graduação, cursei as disciplinas da Licenciatura, e esse encontro com a área de humanidades me levou a reflexões que eu ainda não havia feito a respeito do curso. Na época, ao escrever um relato sobre minha trajetória na graduação, escrevi que o curso de química estava formando bons químicos, mas estava falhando em formar cidadãos. Faltavam, por exemplo, reflexões explícitas sobre a atividade química, que fossem além de destacar sua importância para a sociedade. A preocupação com a imagem negativa da química junto à sociedade nos levava a buscar seus aspectos positivos, a buscar formas de apresentá-la ao público em geral como ciência útil e “benfitora da humanidade”<sup>2</sup>, e divulgar como seu conhecimento e aplicação seriam imprescindíveis. Faltava uma perspectiva mais crítica, capaz de equilibrar os dois aspectos contraditórios, mas essencialmente característicos da química, que a fazem ser associada, pelo público em geral, com tudo o que é poluente, nocivo e prejudicial, ao mesmo tempo em que é associada, pelos químicos, com as soluções para os problemas ambientais e com a melhoria da qualidade de vida de forma ampla.

A Licenciatura me levou a conhecer o *Grupo de Pesquisa em Educação Química* (GEPEQ-IQUSP), liderado pelo saudoso Prof. Luiz Roberto de Moraes Pitombo (PORTO; MARCONDES, 2006) e pela Profa. Maria Eunice Ribeiro Marcondes. Na ocasião, o GEPEQ estava trabalhando na elaboração de material didático para o ensino médio, tendo como fundamentos a

---

<sup>2</sup> Imagem que os químicos costumam atribuir a suas atividades, conforme observou Laszlo (2006).



experimentação, o cotidiano e a história da ciência. Ciente da necessidade de contar com a colaboração de especialistas em história da ciência, o Prof. Pitombo sugeriu que eu buscasse a orientação da Profa. Ana Maria Alfonso-Goldfarb, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Não abandonei meu interesse pelo ensino de química, e continuei colaborando com o GEPEQ por alguns anos – mas iniciei ali uma nova trajetória, em uma nova área de pesquisa: a história da química.

Como ainda não havia, naquela ocasião, um programa de pós-graduação em história da ciência na PUC-SP, a Profa. Alfonso-Goldfarb orientava seus alunos no Programa de Estudos Pós-Graduados em Comunicação e Semiótica. Assim, ao cursar mestrado e doutorado nesse Programa, tive a oportunidade de ampliar meus horizontes em relação às humanidades. Pude conhecer as ideias do filósofo estadunidense Charles Sanders Peirce (1839-1914), nas quais não pude me aprofundar naquele momento, mas cujas possibilidades me pareceram fascinantes. Haveria de retomar esse interesse pela semiótica peirceana anos depois, ao orientar uma de minhas primeiras alunas de doutorado.

Minha pesquisa na pós-graduação esteve voltada para a química do século XVII. A investigação desse período muito complexo da história da ciência me revelou uma química muito diferente da atual, fundada sobre bases bastante distintas das que nos são contemporâneas. Compreender a própria maneira de se conceber e abordar a matéria naquela época requer um distanciamento em relação às concepções às quais nos habituamos, e nos exige a imersão em uma química mais qualitativa, na qual a exigência da matematização, por exemplo, ainda não se impusera – mas que abrangia explicações e previsões muito complexas e elaboradas.<sup>3</sup> Essa jornada pela história da ciência fez com que minha inquietação fosse se desenvolvendo no rumo da seguinte questão: por que a química tomou o caminho que conhecemos, e não seguiu por alguma das outras possíveis rotas que se apresentavam, por exemplo, no século XVII?

---

<sup>3</sup> Alguns trabalhos que desenvolvi no mestrado e no doutorado, e que podem oferecer uma ideia da riqueza da química do século XVII: Porto, 1995; Porto, 2002.

Circunstâncias profissionais me fizeram retornar ao ensino de química, e então minhas pesquisas se voltaram para promover a aproximação entre a história e o ensino de química. Na minha concepção, o processo de concretizar essa aproximação envolve refletir sobre o que ensinar, e por que ensinar. Nesse processo, a história da ciência pode fornecer casos históricos que contribuam para a construção ou reconstrução de conceitos químicos, ou que auxiliem no entendimento do papel da química na sociedade, ou como o conhecimento científico foi sendo construído e aplicado. A seleção de abordagens e materiais para concretizar os objetivos de ensino, em busca dos quais se recorre à história, precisa passar, de alguma forma e em algum momento, por reflexões sobre a questão: “o que é essa química que queremos (e achamos que devemos) ensinar?”. Nesse contexto, me aproximei da filosofia da química por entender que as discussões desenvolvidas em seu âmbito podem contribuir muito para os educadores em química, e também por entender que os estudos históricos podem fornecer elementos fundamentais para essas discussões. Assim, ao me estabelecer como pesquisador no IQ-USP, comecei a desenvolver trabalhos nos quais a filosofia da química foi se mostrando um referencial muito rico, promissor e complementar às inquietações que me foram sendo despertadas ao longo de minha trajetória acadêmica.

### **A filosofia da química em nossas linhas de pesquisa**

Elementos de história e filosofia da ciência têm sido recomendados, há tempos, como importantes para fornecer aos estudantes do ensino médio uma visão mais abrangente a respeito do empreendimento científico (PORTO, 2010). Na 2ª versão da Proposta Preliminar da *Base Nacional Comum Curricular* (BRASIL, 2016), por exemplo, ao tratar do ensino de química, era possível observar a necessidade de introduzir discussões acerca da natureza do conhecimento químico. Nesse sentido, os autores da *Base* consideravam ser importante que a formação no ensino médio

possibilite conhecer como a Química foi se consolidando como ciência, com seus métodos, modelos e teorias. Isso permite a compreensão da dinâmica da geração do conhecimento, com seus avanços, disputas e erros, e a influência de contextos sociais nesse processo de construção humana. É necessário garantir espaço e tempo escolares para que sejam abordados esses temas, de forma que o conhecimento faça sentido para a vida dos/as estudantes. (...) A Química constitui-se também de **práticas de investigação**, em que as teorias e os modelos são submetidos a provas empíricas, em um processo constante de formulação de novas teorias, reformulação das já existentes e abandono de outras teorias e modelos. Tais práticas ocorrem por métodos diversos, cada qual com um propósito de uso (BRASIL, 2016, p. 147-148, grifo no original).

Infelizmente, na BNCC homologada pelo Ministério da Educação em 2018 não consta nenhuma recomendação voltada a aspectos específicos da química (Brasil, 2018). Em nosso grupo de pesquisa, entendemos que, para tornar possível o processo de inserção das necessárias reflexões de natureza metaquímica na sala de aula do ensino médio, é fundamental que os professores sejam adequadamente instrumentalizados para isso. Assim, definimos como prioridade que nossas linhas de investigação se voltem para questões relativas à formação do professor, e ao ensino superior de química de forma mais ampla.

Uma de nossas linhas de pesquisa consiste em estudos de caso em história da química, buscando caracterizar o que eles nos revelam sobre a natureza da química, sobre sua divulgação e impacto na sociedade ao longo do tempo. Em outra vertente, temos buscado investigar as concepções de professores, estudantes e pesquisadores em química a respeito de aspectos relacionados à filosofia da química, tais como o reducionismo, o realismo, a experimentação, a natureza das explicações em química, as aplicações práticas e as implicações éticas da atividade química. Uma terceira linha de pesquisa que tem se mostrado frutífera se refere a livros didáticos de química geral para o ensino superior publicados ao longo do século XX. Lançando sobre eles um olhar simultaneamente histórico e epistemológico, buscamos compreender a construção do conhecimento químico, o

desenvolvimento curricular e das estratégias de comunicação e ensino nesse período. Os livros didáticos podem fornecer importantes indícios acerca do pensamento químico de uma determinada época, por resumirem aquilo que os químicos consideravam mais relevante e fundamental, bem como revelando aspectos de como os autores entendiam as relações entre a química e a sociedade. Ainda nessa linha de investigação, a análise de estratégias didáticas utilizadas nos livros, tendo como referencial a semiótica peirceana, tem mostrado potencial para oferecer relevantes contribuições à interface entre filosofia da química e ensino de química.

A seguir, apresentamos alguns trabalhos que vêm sendo desenvolvidos nos últimos anos no âmbito de nosso *Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química* (GHQ), e que ilustram algumas das possibilidades oferecidas pela filosofia da química para a área de ensino de química.

## **Aproximando a filosofia da química, a história da ciência e o ensino de química**

### **Integrando as áreas da química**

Como docente do IQ-USP, minha aproximação da filosofia da química se deu de maneira gradual, por frentes distintas. Em uma sequência preliminar de trabalhos (MAXIMIANO *et al.*, 2009; CORIO *et al.*, 2012), de caráter mais exploratório, em colaboração com outros docentes do Instituto, procuramos investigar como alunos de graduação compreendem a relação entre as diferentes áreas, sub-áreas e especialidades que constituem a química, e às quais eles são gradativamente apresentados em diferentes componentes curriculares de seus cursos. Nessas pesquisas, alunos do sexto semestre do curso de graduação em química da USP elaboraram representações gráficas, inspiradas nos mapas conceituais, para representar como entendiam as relações entre as áreas, sub-áreas e especialidades da química. Como

referencial para análise, utilizamos as chamadas três áreas contextuais que, segundo Goedhart (2007), descrevem as principais atividades dos químicos e são úteis para planejar novos currículos para o ensino superior de química: análise, síntese e desenvolvimento de teorias. Os resultados mostraram como a divisão nas cinco áreas tradicionais da química (inorgânica, orgânica, analítica, físico-química e bioquímica), ainda muito presente na organização curricular e em livros didáticos, tem grande influência no modo como os estudantes relacionam as especialidades da química. Muitos alunos tiveram dificuldades em estabelecer relações entre assuntos tradicionalmente abordados em áreas diferentes. Por outro lado, o referencial de Goedhart (2007) permitiu identificar que, na maioria das vezes, as conexões entre áreas diferentes foram estabelecidas no âmbito do desenvolvimento de teorias, o que sugere que os estudantes reconheceram estruturas teóricas subjacentes que perpassam as diversas áreas da química.

### **Investigando a formação de químicos e pesquisadores**

A necessidade de apropriação de referenciais na área de filosofia da química nos conduziu à realização de um levantamento bibliográfico a respeito das temáticas mais discutidas no âmbito da contemporânea filosofia da química e suas possíveis implicações para a área de ensino (LEMES; PORTO, 2013a). Tal levantamento se apresentou como uma necessidade para a execução de uma de nossas investigações subsequentes, voltada para as concepções de doutorandos em química a respeito de como esses pesquisadores em formação caracterizam a química e suas peculiaridades em relação a outras áreas da ciência. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com dez doutorandos em química do IQ-USP, que foram analisadas a partir de referenciais da filosofia da química e também do ensino de química. De forma resumida, a análise dos dados mostrou que as características mais presentes nos discursos dos doutorandos a respeito da atividade química foram sua presença profissional no setor produtivo, a possibilidade de aplicações práticas, a

existência de múltiplas interfaces com outras ciências e o desenvolvimento de novas formas de explicação para os fenômenos. Em relação às características do pensamento químico, os doutorandos manifestaram concepções realistas, valorização das evidências experimentais, e apontaram para o caráter qualitativo e relacional entre as entidades químicas, bem como para a utilização de múltiplos modelos. As entrevistas mostraram que o realismo químico, associado às entidades submicroscópicas, tem papel operacional para os químicos em suas práticas experimentais em laboratório. Esse realismo, que parece ser generalizado entre os químicos, é reforçado pelo sucesso nas sínteses de substâncias e materiais, pela consistência dos dados obtidos por meio de equipamentos de caracterização estrutural, e vem contribuindo para o desenvolvimento da área. Entretanto, é preciso considerar que perspectivas realistas ingênuas, no contexto do ensino de química, podem resultar em concepções alternativas a respeito das entidades químicas, ou mesmo no desinteresse por essa ciência, em virtude da incompreensão a respeito do processo que conduziu à aceitação consensual da existência dessas entidades. Nesse sentido, entendemos estar diante de uma distinção entre o contexto de produção do conhecimento em química e o contexto de seu ensino, a qual requer a explicitação e a problematização de questões filosóficas a fim de enriquecer a formação dos professores de química (LEMES; PORTO, 2013b, 2013c; LEMES, 2013).

Tendo em vista as questões que se apresentaram como possibilidades de desdobramentos desse trabalho, decidimos focalizar a temática da experimentação no processo de construção do realismo entre os químicos. Tomamos como estudo de caso duas componentes curriculares de Química Geral oferecidas aos alunos ingressantes nos cursos de graduação em Química do IQ-USP. A investigação fez uso de questionários, gravações em vídeo e transcrições de aulas, textos produzidos por alunos e professores, e entrevistas com professores dessas componentes curriculares (LEMES; PORTO, 2015a). A pesquisa procurou então caracterizar os tipos de teorias e evidências utilizadas por professores e alunos em suas explicações para os fenômenos

experimentais. Foram tomadas como referencial as ideias de Nagel (1982) sobre os tipos de teorias (designadas como teorias hipotéticas e teorias fenomenológicas), que dialogam com os conceitos de explicações de Hempel (1966), além de elementos de filosofia da química.

Observamos que os professores têm preferência pelas teorias hipotéticas e recorrem especialmente a evidências experimentais mediadas por instrumentos analíticos (como os espectrofotômetros) na construção de suas explicações. Por outro lado, os estudantes mostraram dificuldades em lidar com esses tipos de teorias e evidências nesse momento inicial de sua formação universitária, recorrendo principalmente a teorias fenomenológicas e a evidências não mediadas por instrumentação (por exemplo, mudanças de cor observáveis a olho nu). Além disso, se constatou o que podemos caracterizar como uma tensão subjacente entre dois aspectos da química: o submicroscópico e o macroscópico.

As relações entre esses dois níveis ontológicos encontram-se internalizadas, ainda que de maneira tácita, pelos docentes, que são químicos experientes. Para eles, faz parte do cotidiano profissional utilizar instrumentos para separação e caracterização de substâncias, e recorrer a teorias hipotéticas que descrevem entidades submicroscópicas – poderíamos dizer, a química das moléculas. Para os estudantes, porém, as relações entre os dois referidos níveis ontológicos ainda estão em construção. Observar uma evidência experimental, relacioná-la com uma teoria que envolve entidades submicroscópicas e elaborar uma explicação é um processo ainda complexo para esses químicos em formação inicial – processo que se torna mais complexo se a evidência a ser utilizada for mediada por um instrumento, apresentando-se na forma de um espectro de absorção, por exemplo.

Assim, os estudantes mostram preferência por evidências mais diretas, macroscópicas, e pelas teorias fenomenológicas – referindo-se, por assim dizer, à química das substâncias. Ou seja, ensinar química em uma disciplina introdutória envolve escolher conteúdos e abordagens que auxiliem os estudantes a entender a relação entre o nível fenomenológico

macroscópico e os modelos explicativos submicroscópicos, sendo que, nesse processo, a diferença entre os tipos de evidências experimentais (mediadas e não mediadas por instrumentos) precisa ser explicitada e não suposta, pelos docentes, como notória para os estudantes (LEMES; PORTO, 2015b; LEMES, 2016).

### **Implicações éticas da atividade química**

Um estudo de caso histórico, desenvolvido em nosso grupo de pesquisa, exemplifica como a discussão de aspectos éticos relacionados à atividade química, entre outros relacionados à filosofia da química, pode ser inserida no ensino (VIANA; PORTO, 2012; 2013). O caso se refere à produção de novas substâncias na primeira metade do século XX, no contexto de uma crescente indústria química e de demanda por inovações tecnológicas. A liberação no ambiente de novas substâncias, produzidas em larga escala, acabou por provocar consequências indesejáveis.

Nosso estudo de caso focalizou a trajetória do engenheiro mecânico Thomas Midgley, Jr. (1889-1944), que se tornou uma das mais destacadas figuras do meio químico estadunidense de meados do século passado, tendo recebido as mais importantes comendas oferecidas aos químicos dos EUA e ocupado a presidência da *American Chemical Society*. Sua fama se baseou, fundamentalmente, na resolução de dois grandes problemas tecnológicos da época. O primeiro foi a melhoria da qualidade da gasolina usada em automóveis, aumentando sua octanagem, pela adição de um aditivo desenvolvido por Midgley: o tetraetilchumbo. Embora a toxicidade dos compostos de chumbo fosse bem conhecida havia séculos, o uso de tetraetilchumbo na gasolina foi liberado nos EUA após estudos realizados por cientistas – financiados pelos próprios fabricantes desse aditivo – concluírem não haver, na ocasião, evidências suficientes de que a emissão do chumbo na atmosfera provocaria danos à saúde pública.



O segundo grande sucesso de Midgley foi o desenvolvimento dos clorofluorocarbonetos (CFCs) como fluidos para refrigeradores. O estudo de caso mostra como Midgley foi modificando suas estratégias de pesquisa, da tentativa e erro, utilizados no início, para o uso da tabela periódica dos elementos como referência para suas investigações. Além disso, o caso sugere reflexões acerca das diferentes dimensões de risco intrínsecas às atividades químicas. Ao acompanhar a história das aplicações das substâncias desenvolvidas por Midgley, três diferentes dimensões de risco químico podem ser caracterizadas. Na produção de tetraetilchumbo, os trabalhadores que estavam expostos de maneira mais ou menos direta a essa substância estavam sujeitos a intoxicação, tendo sido registrados dezenas de casos nas indústrias, incluindo a ocorrência de diversos óbitos. Temos, aqui, a dimensão de risco individual.

Considerando as regiões onde o tráfego de veículos proporcionava a dispersão de compostos de chumbo, ocorreu o acúmulo desse elemento no ambiente e no organismo das pessoas expostas aos poluentes. Caracteriza-se, então, a dimensão de risco ambiental local. No que se refere aos CFCs, essas duas dimensões de risco pareciam ser bem conhecidas e estar sob controle: afinal, os CFCs não são tóxicos e, uma vez liberados na baixa atmosfera, aparentemente não sofriam transformações. Após décadas de produção e liberação de CFCs no ambiente, os cientistas obtiveram evidências de que os CFCs, difundindo-se pela atmosfera, após muito tempo alcançavam a estratosfera - e lá finalmente eram transformados, em um processo que provoca a destruição da camada de ozônio. Caso nenhuma medida fosse tomada para diminuir a emissão de CFCs para a atmosfera, o processo de destruição do ozônio estratosférico colocaria em perigo todas as formas de vida no planeta. Caracteriza-se, assim, algo desconhecido até então: a dimensão de risco ambiental global.

Promover reflexões sobre os diferentes aspectos do trabalho de Midgley, e seu impacto sobre a sociedade, pode ser muito relevante na formação de profissionais de química mais críticos e cientes de suas

responsabilidades sociais. Em artigo em que discutem e defendem a inclusão de aspectos humanos no conteúdo de química a ser ensinado, Sjöström e Talanquer (2014) estabelecem diferentes níveis de abordagem para as questões humanas no ensino de química. O nível de maior complexidade, chamado de “química crítico-reflexiva”, é caracterizado pelos autores como aquele em que “o conhecimento e as práticas químicas não são aplicadas somente para tomar decisões e resolver problemas em contextos relevantes. A natureza e a cultura desse conhecimento, e das práticas de produção de conhecimento, também são criticamente analisadas” (SJÖSTRÖM; TALANQUER, 2014, p. 1128). Ao selecionar exemplos de artigos em que o ensino de química é abordado sob essa perspectiva, Sjöström e Talanquer (2014) apontam o trabalho produzido em nosso grupo sobre o caso de Midgley (VIANA; PORTO, 2013).

### **Abordagem semiótica para a construção da química e seu ensino**

Outra contribuição de nosso grupo para o debate contemporâneo da área de ensino de química se voltou para o chamado “triângulo de Johnstone”, ou “tripleto da química” (TALANQUER, 2011) – o qual se tornou um referencial muito utilizado por educadores em química, embora já tenha sido apontada sua falta de sustentação filosófica (GALAGOVSKY *et al.*, 2003; LABARCA, 2010). Em um trabalho desenvolvido no GHQ, a teoria geral dos signos de Peirce foi tomada como referencial para fazer uma análise crítica do triângulo de Johnstone, e para propor uma abordagem alternativa voltada à compreensão dos vários aspectos do conhecimento químico e de sua difusão e divulgação. Procuramos discutir as relações entre a realidade, as interações dos químicos com ela, e as interpretações e representações resultantes do conhecimento científico construído.

Partimos do princípio de que o acesso do químico à realidade material é um processo necessariamente mediado, e se dá por meio de alguma forma de interação com a matéria. Tais interações, sejam por métodos

clássicos ou instrumentais, geram evidências percebidas pelos sentidos, as quais atuam como signos, referentes a aspectos específicos e parciais (qualidades) dos objetos estudados (realidade). As interações, entendidas aqui como quaisquer formas de aproximação com os fenômenos, sempre irão desencadear diversas possibilidades de semioses. Esse processo gera nos intérpretes – neste caso, nos químicos – o que Peirce denomina interpretantes, os quais podem assumir a forma de construtos teóricos ou linguísticos que representam, de alguma maneira, os objetos investigados. Os interpretantes demandam esforços de descrição e categorização que podem levar, finalmente, a hábitos de ação, sempre passíveis de serem revistos e modificados (Figura 1).



Figura 1 – Abordagem fenomenológica e semiótica para a produção de construtos científicos.

(Fonte: Souza e Porto, 2014.)

Em nossa proposta, os modelos de partículas (identificados, no triângulo de Johnstone, com o “nível submicroscópico”) e os símbolos, fórmulas e equações químicas (o “nível representacional”, no referido triângulo) constituem-se, de fato, em um conjunto de construtos científicos, podendo ser considerados, tanto uns quanto outros, interpretantes dos signos gerados pelas interações dos químicos com a realidade material. Ainda de acordo com o referencial semiótico de Peirce, sendo os próprios interpretantes também de natureza sígnica, podemos identificar que em alguns desses construtos predomina o caráter icônico (por exemplo, nas estruturas moleculares), enquanto em outros predomina o caráter simbólico (por exemplo, nas equações químicas).

O referencial peirceano pode orientar, também, a análise do processo de comunicação do conhecimento químico e, em particular, do ensino escolar e universitário de química. Entendido também como semiose, o processo de ensino tem, como objeto, tanto os construtos teóricos e linguísticos da química quanto a própria forma de criação desses construtos. O acesso a esse objeto se dá, nas salas de aula, pela intermediação de signos como a fala e os gestos dos professores, textos, imagens, gráficos, diagramas, espectros, modelos moleculares, etc., os quais geram interpretantes nas mentes dos alunos (Figura 2). Nem sempre, porém, esses interpretantes correspondem aos aspectos do objeto desejados pelo professor – constituindo-se, então, em concepções alternativas.

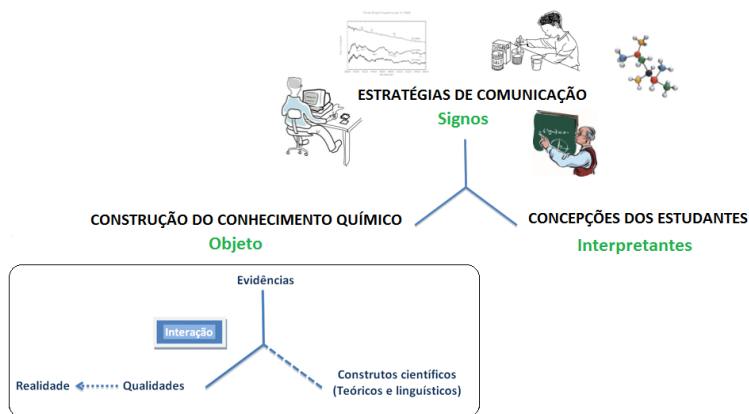


Figura 2 – Abordagem semiótica para o ensino de química. (Fonte: Souza e Porto, 2014.)

Considerando seu potencial interesse para a educação química, a proposta aqui delineada foi utilizada para analisar as estratégias de comunicação no ensino de conteúdos como pressão de vapor e estrutura de sólidos, focalizando casos presentes em livros didáticos para o ensino superior de química geral, publicados no século XX (SOUZA; PORTO, 2010, 2012, 2014; SOUZA, 2012).

Outro ponto relevante para o ensino de química – o realismo associado aos conceitos químicos, como, por exemplo, o conceito de

orbital – tem sido bastante discutido no campo da filosofia da química. A questão do estatuto ontológico dos orbitais recebeu especial atenção a partir de 1999, quando Zuo e colaboradores, corroborados em editorial da revista *Nature*, afirmaram haver observado orbitais diretamente (ZUO *et al.*, 1999; HUMPHREYS, 1999). A discussão inclui aspectos ontológicos e epistemológicos, como o que é o orbital e a possibilidade de observá-lo, gerando implicações para a química e para o ensino de química. Assim, outro trabalho desenvolvido em nosso grupo de pesquisa investigou de que forma o conceito de orbital foi apresentado em livros didáticos de química geral dirigidos ao ensino superior e publicados no Brasil ao longo do século XX. Observamos que esse conceito começou a ser inserido nos livros de química geral em meados do século passado. Utilizando como referenciais a semiótica peirceana e a filosofia da química, foram propostas três categorias de análise: base conceitual do orbital; representação icônica do orbital; e representação simbólica do orbital. No que tange à primeira categoria, observamos que a definição mais comum de orbital é em termos de densidade de probabilidade, como a região na qual é mais provável a localização do elétron. Essa interpretação, segundo alguns filósofos da química, revela uma peculiar apropriação da mecânica ondulatória por parte dos químicos (LABARCA; LOMBARDI, 2010; JENKINS, 2003).

Na segunda categoria foram analisadas as representações icônicas de orbitais, isto é, aquelas que buscam representar qualidades – tais como as formas dos orbitais. Neste caso, as imagens em geral apresentam superfícies contínuas e uniformes, identificadas nos livros como as regiões de densidade de probabilidade elevadas. A terceira categoria abrangeu as representações predominantemente simbólicas dos orbitais, as quais necessitam ter seu significado previamente convencionado de maneira explícita. É o caso das imagens em que os orbitais são representados por linhas horizontais ou “caixas”, contendo ou não setas que representam os elétrons. Esse tipo de representação sugere que orbitais e elétrons são entidades distintas, com existência independente.

Como consequência, surge a noção de que orbitais preenchidos e orbitais vazios possuem igualdade ontológica. Nosso estudo revelou que o conceito de orbital tem sido introduzido, ao longo de décadas, por meio dos livros de química geral, de maneira não problematizada no que se refere à sua conceituação, aos significados e aos sentidos das diversas representações utilizadas no ensino desse conceito, podendo resultar em concepções alternativas por parte dos estudantes (ROZENTALSKI; PORTO, 2015; ROZENTALSKI, 2013).

### **Perspectivas para o ensino superior: a disciplina *Química e Sociedade***

No projeto pedagógico do curso de Licenciatura oferecido pelo IQ-USP, consideramos relevante inserir aspectos relacionados a reflexões sobre a natureza do conhecimento químico. Nesse contexto, foi criada a componente curricular *Química e Sociedade*, em cujo âmbito tivemos a oportunidade de promover discussões a partir de subsídios provenientes da filosofia da química. A seguir, delineamos algumas características dessa componente curricular, de modo a exemplificar como a filosofia da química pode contribuir para a formação de profissionais de química.

No início do semestre, apresentamos alguns dados coletados pela pesquisa de percepção pública da ciência, realizada periodicamente pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2015). Esses levantamentos mostram a existência de um relativo interesse da população brasileira por ciência e tecnologia, bem como confiança nos produtos da ciência e no trabalho dos cientistas. Por outro lado, é senso comum que a imagem da química geralmente é associada a aspectos negativos, como poluição, causas de doenças, problemas ambientais, etc. Isso mostra que há muito a ser feito em termos de divulgação e ensino formal de química, resultando em ações que podem tirar proveito do interesse que o público em geral tem por ciência e tecnologia. A construção de uma imagem mais elaborada da química passaria por

desfazer, entre os próprios estudantes de química, a confusão entre a ciência e os frutos da ciência. Isto é, deixar claro que, por exemplo, nem a produção de medicamentos, nem a destruição da camada de ozônio pelos CFC são a química - a qual é uma atividade humana muito mais complexa do que isso. Assim, em nossa disciplina sobre *Química e Sociedade*, procuramos fazer com que os futuros químicos e professores de química reflitam sobre o fato de que não basta tentar convencer o público em geral de que a química está em toda parte, pois as pessoas não conseguem enxergá-la. E não conseguem porque a química, de fato, está em um só lugar: na mente dos químicos, que por isso conseguem enxergá-la em toda parte, pois suas ideias condicionam seu olhar.

Para fornecer elementos que sustentem esse ponto de vista, a disciplina inclui a discussão de abordagens tradicionais para a filosofia da ciência (tais como as ideias de Bacon e Mill, Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Ziman) - em geral originadas de reflexões sobre a física ou biologia - e sua comparação com ideias da contemporânea filosofia da química. Além disso, são discutidos alguns episódios históricos polêmicos (como aqueles apresentados no livro de Collins e Pinch [2003], ou o caso de Midgley, citado acima), com o objetivo de mostrar a complexidade da ciência em geral e da química em particular.

Um exemplo abordado em *Química e Sociedade* são as ideias expressas por John Horgan em seu livro *O fim da ciência*, que se propõe a discutir os limites da ciência contemporânea (HORGAN, 1998). Nesse livro, a química é citada apenas de passagem, pois na opinião do autor, fundamentada em ponderações de cientistas e filósofos da ciência, a química já alcançou o seu final:

[O biólogo Gunther] Stent argumentou que certos campos da ciência são limitados simplesmente pela própria natureza de seus objetos de estudo. Ninguém consideraria a anatomia humana ou a geografia, por exemplo, como empreendimentos infinitos. A química também é limitada. (...) “Embora o número total de substâncias químicas possíveis seja muito grande, e a variedade de reações em que elas possam se envolver seja vasta, o objetivo da química de compreender os princípios que governam o

comportamento de tais moléculas é – tal como o objetivo da geografia – claramente limitado.” Pode-se argumentar que esse objetivo foi alcançado na década de 1930, quando o químico Linus Pauling mostrou como todas as interações químicas podem ser compreendidas em termos da mecânica quântica (HORGAN, 1998, p. 10).

A essa perspectiva, contrapomos os dados cientométricos coletados por Schummer (2004), que mostram como a produção científica em química (abrangendo artigos, livros e patentes) era, na ocasião do levantamento, quase tão grande quanto a de todas as outras áreas da ciência somadas. Ou seja, propomos aos estudantes que reflitam sobre a questão: “Se a química está terminada, o que todos esses químicos estão fazendo? Por que tanta produção científica em uma área ‘limitada’, segundo a perspectiva de Horgan (1998)?” Possíveis respostas são buscadas na filosofia da química, como na perspectiva proposta por Schummer (2010):

Se uma nova substância resulta de uma transformação, ela pode ser submetida a novas investigações, estudando-se sua reatividade com todas as substâncias conhecidas – o que, por sua vez, pode resultar em muitas outras substâncias para se estudar, e assim por diante. Esse procedimento resulta no crescimento exponencial das substâncias... e não há limite fundamental para sua proliferação sem fim no futuro. Como cada substância aumenta o alcance dos conhecimentos químicos possíveis, o conhecimento químico nunca poderá estar completo (SCHUMMER, 2010, p. 176-177).

Dessa maneira, procuramos mostrar que as abordagens tradicionais para a filosofia da ciência podem não ser as mais adequadas para se lidar com características específicas da química. Assim, a contemporânea filosofia da química pode oferecer enfoques alternativos, enriquecedores e contribuir para que os estudantes construam uma imagem mais complexa do empreendimento químico. A parte final da componente curricular *Química e Sociedade* focaliza a química escolar, procurando problematizar como ela tem sido ensinada e o que tem sido sugerido pelas pesquisas em ensino de ciências e pelas propostas curriculares



oficiais. Nesse contexto, a filosofia da química também se coloca como um referencial para a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos do ensino médio, para a elaboração de currículos e atividades de ensino, e também para o desenvolvimento de estratégias de divulgação da química para o público em geral.

## Agradecimentos

O autor agradece a todos os colegas que participaram do GHQ desde 2004, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio à pesquisa (426519/2016-7) e pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa (304450/2014-6; 307652/2017-3).

## Referências

- ARAÚJO, M. C. **O desenvolvimento da Química Analítica na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: contribuições de Paschoal Senise**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- BRASIL - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). **Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://percepcaocti.cgее.org.br/>> Acessado em 16/03/2017.
- BRASIL - Ministério da Educação (MEC). Base Nacional Comum Curricular Educação é a Base. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC\\_14dez2018\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_14dez2018_site.pdf)> Acessado em 17/12/2018.
- BRASIL - Ministério da Educação (MEC). **Base Nacional Comum Curricular** - Proposta Preliminar, 2ª. versão revista. Brasília: MEC, 2016.
- COLLINS, H.; PINCH, T. **O Golem** - O que você deveria saber sobre a ciência. São Paulo: Edunesp, 2003.

CORIO, P.; MAXIMIANO, F. A.; PORTO, P. A. e FERNANDEZ, C.; A organização da ciência Química na visão de graduandos: um estudo utilizando mapas estruturais. **REEC - Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, p. 76-97, 2012.

GALAGOVSKY, L. R.; RODRÍGUEZ, M. A.; STAMATI, N.; MORALES, L. F. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reaccion química a partir del concepto de mezcla. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 1, p. 107-121, 2003.

HEMPEL, C. G. **Philosophy of natural science**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1966.

HORGAN, J. **O Fim da Ciência** - uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

HUMPHREYS, C. J. Electrons seen in orbit. **Nature**, v. 401, n. 6748, p. 21-22, 1999.

JENKINS, Z. Do you need to believe in orbitals to use them? Realism and the autonomy of chemistry. **Philosophy of Science**, v. 70, n. 5, p. 1052-1062, Supplement: Proceedings of the 2002 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. Part I: Contributed Papers, 2003.

LABARCA, M. Acerca del triangulo de Johnstone: algunos comentarios filosóficos. **Caderno de resumos da 1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group**, p. 101, 2010.

LABARCA, M. G; Lombardi, O. Why orbitals do not exist? **Foundations of Chemistry**, v. 12, n. 2, p. 149-157, 2010.

LASZLO, P. On the Self-Image of Chemists, 1950-2000. **HYLE - International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 12, n.1, p. 99-130, 2006.

LEMES, A. F. G. **Aspectos filosóficos e educacionais da química**: investigando as concepções de doutorandos em química. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

- LEMES, A. F. G. **Evidência não evidente**: as explicações em uma disciplina de química geral. Tese (Doutorado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Construção de um questionário para investigar a incorporação da cultura química por alunos ingressantes em Química. In: **Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)**, 2015, Águas de Lindóia, SP, p. 1-9. Rio de Janeiro, RJ: Abrapec, 2015a.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Explaining a chemical phenomenon: investigating the incorporation of chemical culture by chemistry undergraduate students. In: **13th International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST) Conference - The role of HPS in Global Society**, 2015. Rio de Janeiro, RJ: IHPST, 2015b.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Introdução à filosofia da química: uma revisão bibliográfica das questões mais discutidas na área e sua importância para o ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, p. 121-147, 2013a.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. Particularidades estruturadoras da ciência Química: alguns pontos explicitados por doutorandos em Química. In: **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - ENPEC - I CIEC**, 2011, Campinas, SP, p. 1-12. Rio de Janeiro, RJ: ABRAPEC, 2013b.
- LEMES, A. F. G.; PORTO, P. A. O fazer química e o ensinar química: algumas considerações em torno do realismo químico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1531-1538, 2013c.
- MAXIMIANO, F. A.; CORIO, P.; PORTO, P. A.; FERNANDEZ, C. Química Ambiental e Química Verde no conjunto do conhecimento químico: concepções de alunos de graduação em Química da Universidade de São Paulo. **Educación Química**, v. 20, p. 398-404, 2009.
- NAGEL, E. **The structure of science**: problems in the logic of scientific explanation. London: Routledge & Kegan Paul, 1982.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: em busca dos objetivos educacionais da atualidade, p. 159-180. *In*: Santos, W. L. P.; Maldaner, O. A. (orgs.) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

PORTO, P. A.; Summus atque felicissimus salium: The Medical Relevance of the Liquor Alkahest. **Bulletin of the History of Medicine**, v. 76, p. 1-29, 2002.

PORTO, P. A.; **Van Helmont e o Conceito de Gás** – Química e Medicina no Século XVII. São Paulo: EDUC - EDUSP, 1995.

PORTO, P. A.; MARCONDES, M. E. R. *In memoriam*: Luiz Roberto de Moraes Pitombo (1926-2005). **Química Nova na Escola**, v. 22, p. 53-54, 2005.

ROZENTALSKI, E. F. **O estatuto ontológico e epistemológico do conceito de orbital em livros didáticos de Química Geral no século XX**: uma análise de seus fundamentos, suas representações e implicações para a aprendizagem. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ROZENTALSKI, E. F.; PORTO, P. A. Imagens de orbitais em livros didáticos de química geral no século XX: uma análise semiótica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, p. 181-207, 2015.

SCHUMMER, J. Philosophy of chemistry. *In*: Allhoff, F. (ed.) **Philosophies of the sciences** – a guide, p. 163-183. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010.

SJÖSTRÖM, J.; TALANQUER, V. **Humanizing chemistry education**: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 8, p. 1125-1131, 2014.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos**: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX. 189 f. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Interação, interpretação e representação: análise semiótica de obstáculos textuais e imagéticos presentes em livros didáticos de química. *In*: Martins, I. e Giordan, M., **Atas do IX Encontro Nacional de**

**Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013, Águas de Lindoia, SP, v. 1., p. 1-8. Rio de Janeiro: Abrapec, 2014.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Chemistry and chemical education through text and image: analysis of twentieth-century textbooks used in Brazilian context. **Science & Education** (Dordrecht), v. 21, p. 705-727, 2012.

SOUZA, K. A. F. D.; PORTO, P. A. Elementos da semiótica peirceana na educação em Química: considerações e possibilidades. In: **XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010, Brasília, DF. XV ENEQ - Anais**, p. 1-12. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2010.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry 'triple'. **International Journal of Science Education**, v. 33, n.2, p. 179-195, 2011.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. Thomas Midgley, Jr., and the development of new substances: a case study for chemical educators. **Journal of Chemical Education**, v. 90, p. 1632-1638, 2013.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O desenvolvimento de novas substâncias na primeira metade do século XX: o caso de Thomas Midgley, Jr. **Circumscribere**, v. 12, p. 16-30, 2012.

ZUO, J. M.; KIM, M.; O'KEEFFE, M.; SPENCE, J. C. H. Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in Cu<sub>2</sub>O. **Nature**, v. 401, n. 6748, p. 49-52, 1999.



## Uma trajetória na Representação Química e Significação

*Jackson Gois*<sup>1</sup>

### Da Química para a Filosofia da Química

Meu interesse pelas representações químicas começou no Ensino Básico em uma Olimpíada de Ciências que ocorreu na escola onde cursei o ensino médio na década de 1980. Sempre tive interesse em ciências da natureza e me destaquei pontualmente nessas áreas em minha trajetória escolar. Neste evento, entrei em contato pela primeira vez com fórmulas estruturais e nomenclatura de compostos da Química Orgânica. Recordo-me de como ficava intrigado com esses nomes e fórmulas químicas, com pouco ou nenhum significado para mim, tanto durante a prova quanto em conversas esporádicas com colegas do terceiro ano que estavam estudando o assunto.

Decidi cursar o ensino superior em Química porque percebi que havia desenvolvido gosto por essa área durante o ensino médio e o curso pré-vestibular. Durante o curso de bacharelado em Química na USP em São Paulo realizei atividades de iniciação científica, onde a utilização das representações químicas era parte importante das atividades de pesquisa.

Ao me formar, após breve experiência na indústria química, tive oportunidade de experimentar a docência no ensino básico. Naquele momento, as reflexões acerca das representações químicas surgiram de forma mais contundente, pois havia e ainda há desafios para o Ensino de

---

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Educação do IBILCE/UNESP, onde ministra aulas na graduação em Química e na Pós-graduação Interunidades em Ensino e Processos Formativos.

Química relacionados com a aprendizagem dessas ferramentas químicas de pensamento. Voltei à universidade para cursar a licenciatura e, concomitantemente, cursei o mestrado em Bioquímica (GOIS, 2004), na esperança de me aperfeiçoar, como professor, no uso de ferramentas computacionais de representação química.

Enquanto fazia as disciplinas da Licenciatura em Química, conheci o grupo de pesquisa liderado por Marcelo Giordan da Faculdade de Educação da USP. Com um mestrado já finalizado em modelagem molecular em Bioquímica, foi nesse grupo que percebi que poderia me aprofundar na pesquisa sobre o ensino com o uso de representações químicas. De fato, fiz um segundo mestrado, em Ensino de Ciências (GOIS, 2007), onde desenvolvi um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de representações químicas que possibilitava a construção e manipulação de objetos moleculares tridimensionais virtuais, e utilizei esse ambiente virtual com meus alunos de ensino básico. Durante este segundo mestrado me aprofundi nos conhecimentos sobre a semiótica de Charles Sanders Peirce (2005).

Em princípio, as categorias peirceanas de significado pareciam resolver definitivamente, pelo menos para alguém que não tinha formação filosófica alguma como eu, as questões acerca do significado das representações químicas. A partir desse momento, os fundamentos da elaboração de significados começaram a se tornar tão relevantes quanto as próprias representações químicas. Isso porque a semiótica peirceana não se restringe a qualquer área de conhecimento e acaba por alargar nossos horizontes conceituais. Após a defesa do segundo mestrado senti necessidade de ampliação de foco de pesquisa, pois surgiu, do meu ponto de vista, uma dificuldade entre as categorias peirceanas e o planejamento das atividades em sala de aula. É importante observar que não há nenhuma limitação didática com a semiótica peirceana, uma vez que não é objetivo de Peirce fazer prescrições sobre metodologias de ensino. Percebi que necessitava ampliar minha compreensão sobre *processos* de elaboração de significados.



Foi com diversas interrogações sobre a relação entre representações químicas e elaboração de significados que iniciei o doutorado em Educação (GOIS, 2012). Direcionamos nosso referencial teórico para o filósofo austríaco Ludwig Wittgenstein, uma vez que um de seus temas é justamente a relação entre representação e significado. O mote inicial da minha tese nos pareceu perfeito: Wittgenstein traz uma filosofia relevante sobre a relação entre representação e significado, e eu estava interessado em entender a relação entre as representações químicas e a elaboração de significados. O aprofundamento na filosofia de Wittgenstein nos trouxe muito mais do que o esperado (GOIS, 2017), conforme discutimos mais adiante.

No aprofundamento da compreensão sobre as possíveis relações entre representações químicas e elaboração de significados durante o meu doutorado, finalmente entrei em contato com a Filosofia da Química. Naquele momento, minha revisão bibliográfica sobre representações químicas incluiu trabalhos sobre a Filosofia da Química, inclusive de autores de capítulos desta mesma coletânea. A partir desse momento, percebi que a Filosofia da Química tinha muita relação com meus interesses de pesquisa. As reflexões oferecidas por essa área de conhecimento possibilitaram circunscrever de maneira apropriada meu objeto de estudo. Percebi também o quão importantes são as representações químicas para a constituição do pensamento químico (GOIS, 2017), e como essas ferramentas de pensamento ainda são pouco exploradas em termos filosóficos e de ensino. Meu doutorado prosseguiu com as reflexões acerca das concepções de significação e representação na área de Ensino, bem como uma análise dessas concepções do ponto de vista da filosofia de Wittgenstein.

Hoje tenho como principal foco de pesquisa a investigação sobre processos de elaboração de significados na área de Ensino (GPESig – Grupo de Pesquisa em Ensino e Significação). Os autores mais utilizados como ponto de partida teórico em nossos trabalhos são as contribuições socioculturais de James Wertsch (1998), a semiótica de Charles Sanders

Peirce (2005) e também a concepção não-representacional de significado de Ludwig Wittgenstein (2008). Atualmente mantenho o interesse na Filosofia da Química como fonte de reflexão e pesquisa, e ministro conteúdos sobre esse tema nas disciplinas de graduação em Química.

### **Entre a Filosofia da Química e o Ensino de Química**

A compreensão sobre o papel das representações químicas em processos de ensino e aprendizagem em salas de aula de química, como artefatos culturais produzidos pela comunidade de químicos com o objetivo de resolver problemas acerca das transformações, estrutura e propriedades da matéria, envolve a reflexão sobre aspectos metodológicos e filosóficos. Nesse sentido, entendo que este tema é um importante ponto de encontro de interesses de pesquisa entre a Filosofia da Química e a Educação em Química.

Para descrever as possíveis relações entre meus objetivos de pesquisa e as áreas da Filosofia da Química e da Educação em Química, é importante delimitar uma possível concepção sobre representação e significado, destacando os fundamentos filosóficos do significado. Descrevo brevemente, a seguir, um importante aspecto sobre as concepções de significação e representação presentes na Filosofia da Química, bem como os potenciais entraves que essas concepções apresentam para uma compreensão de processos de ensino e aprendizagem, conforme reflexão detalhada em outros trabalhos (GOIS, 2017, 2012).

Hoffman e Laszlo (1991) apresentam a importância das representações químicas como fundamento do trabalho dos químicos na indústria e na pesquisa científica. Este é um caso onde pesquisadores com formação e atuação na Química passaram a colaborar também com reflexões na Filosofia da Química. A concepção de relação entre representação química e significação, na Química, está fortemente ligada à grande produção de conhecimento desta área (SCHUMMER, 2006).

Esse fato nos convida a entender o que possibilita as condições de produção do conhecimento químico. As ferramentas de pensamento possibilitadas e relacionadas com as representações químicas são o grande diferencial que viabilizam em grande parte a produção do conhecimento químico (GOIS, 2012). Mas isso traz um aspecto importante para a compreensão dos químicos sobre as possíveis relações entre representação química e elaboração de significados. Para o profissional da química que trabalha na indústria e/ou na pesquisa em Química, as *representações químicas significam porque representam o empírico ou a matéria*, como uma espécie de ‘palavra das coisas’ (LASZLO, 1995).

A compreensão do significado desta maneira por parte dos químicos, apesar de ter possibilitado um avanço sensível na produção do conhecimento químico, ajuda em muito pouco, e às vezes em nada, na compreensão sobre os processos de elaboração de significados com representações químicas em sala de aula. Nesse sentido, a declaração de infalibilidade das representações químicas quanto à estrutura, transformações e propriedades das substâncias não lança luz sobre os processos de ensino e aprendizagem. De forma contraditória, a concepção de significado por representação dos químicos não lança luz sobre os processos de ensino e aprendizagem para não-químicos. Infelizmente, isso apenas reforça nossa proverbial dificuldade de comunicação com a sociedade não-química que nos cerca e nos olha com curiosidade.

Não que seja impossível investigar as possíveis relações entre significado empírico e aprendizagem. Em uma reflexão sobre as possíveis relações entre Representações Químicas e processos de significação, exploramos um pouco mais os aspectos empíricos das representações químicas e propomos quatro possibilidades de processos de significação (GOIS, 2017). Fazemos isso a partir das noções de ‘proposição gramatical’ e ‘proposição empírica’ de Wittgenstein (2000), onde observamos que as representações químicas apresentam aspectos de ambos os tipos de

proposições. Entendemos que o tema das possíveis relações entre as representações químicas e seus aspectos empíricos e convencionais merecem investigação de fundo filosófico, com possíveis resultados interessantes para a Filosofia da Química e para o Ensino de Química.

A Filosofia da Química apresentou grande crescimento, apesar da relativamente pequena produção de material publicado (SCHUMMER, 2006). O início dessa área está relacionado com uma reação, por parte dos químicos, de que a Filosofia da Ciência deveria se centrar na Física. Scerri (2000) descreve o desenvolvimento da Filosofia da Química, especialmente na identidade da própria Filosofia da Química, como uma ruptura com a tentativa reducionista de compreender os fundamentos da química a partir da física.

O tema da representação científica continua relevante para a Filosofia da Química (GONZÁLES; FORTIN; LOMBARDI, 2018; OCHIAI, 2017) e para a Filosofia da Ciência (GHINS, 2010) na atualidade. Do ponto de vista do cientista, a relação binária signo/objeto pode ser suficiente para entender como o cientista lida com os significados já conhecidos por sua comunidade. Nesse sentido, bastaria saber a qual objeto de significado determinado signo se refere, e teríamos o processo de elaboração de significados descrito. Para os filósofos da Química, uma descrição binária (signo/objeto) ou ternária (signo/objeto/interpretante) pode resolver a compreensão sobre o significado das representações químicas. Com isso, os profissionais da Filosofia da Química aparentemente não necessitam revisitar o tema da representação química a partir de outros pontos de vista, para além do ponto de vista de como o cientista lida com essas representações.

Com isso, na Filosofia da Química, o fundamento da elaboração de significados está, também, na relação de representação. O significado ocorreria, na concepção dos praticantes dessa área, por uma relação lógica entre signo e objeto. *As representações químicas significam porque representam, racionalmente, uma concepção química.* Em princípio, esta concepção é suficiente entre os filósofos da química, dado que o

conhecimento químico do ponto de vista da comunidade científica é o seu centro de interesse. E as reflexões trazidas pela Filosofia da Química têm o potencial de fortalecer a Química como área tanto na pesquisa quanto no ensino.

Nesse sentido, a Filosofia da Química se ocupa em refletir sobre a natureza do conhecimento químico. Comparado à Educação em Química, que tem como objetivo promover a melhoria do ensino da química para todos os indivíduos, há uma importante relação entre público alvo e conhecimento químico, uma vez que temos, no primeiro caso, uma comunidade de pessoas com alto grau de motivação intrínseca com os temas da química, mas não necessariamente no segundo caso.

É possível entender que o cientista, ao produzir conhecimento científico, lida com representações químicas em algum ponto entre dois polos. Em um primeiro polo, o cientista pode estar utilizando representações com significado sedimentado em seu campo de pesquisa. Nesse sentido, se ainda não conhece o significado, basta que lhe indiquem o objeto de significação para aquele signo. Em um segundo polo, o cientista se vê diante de novo aspecto relevante do conhecimento químico e propõe novo signo para aquele novo objeto de conhecimento. Seria o estabelecimento de novo significado, construído socialmente no sentido da necessidade de validação dos pares. Pode haver alguma disputa na comunidade de cientistas, mas em algum momento será resolvido o signo e seu objeto de significação, sendo a partir daí utilizado ou não pela comunidade. Em termos de elaboração de significados, o cientista vive entre os polos de ‘aprendizagem do que já existe’ e ‘proposição de signos e/ou significados inéditos’.

Os cientistas se aproximariam mais do segundo polo, e, por esse motivo, os métodos e ferramentas de pensamentos utilizadas por eles nos momentos históricos de suas áreas de conhecimento para proposição e/ou delimitação de conhecimento novo são, muitas vezes, alvo de escrutínio dos Filósofos da Química do ponto de vista das Representações Químicas (KLEIN, 2001). Na Filosofia da Química não se dá importância

para o primeiro polo pelo fato de a motivação intrínseca do cientista tornar a aprendizagem do que já existe, na comunidade de químicos, algo com pouco desafio intelectual para o cientista, comparado à proposição de novos conhecimentos.

Não é esse o caso da sala de aula de Química do ponto de vista da população em geral. Para que um profissional de pesquisa em Química ou da Filosofia da Química tenha chegado a esse ponto em sua carreira profissional, foi necessário primeiro entrar em contato com a Química em seu Ensino Básico. Nesse momento anterior, houve um profissional de Ensino de Química que elaborou e realizou atividades de ensino com o grupo de alunos, que o futuro pesquisador da Química ou da Filosofia da Química participou como aluno. Nesse sentido, a pesquisa em Ensino de Química se preocupa e se ocupa com o primeiro polo, ou seja, a aprendizagem de concepções por parte de iniciantes, apesar de já sedimentadas entre os praticantes de uma área de conhecimento.

Na sala de aula, mesmo no ensino superior em Química, temos interesses e motivações diversos nos processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, o desafio de aprendizagem dos conhecimentos que já estão sedimentados na Química se torna real. Entender esses processos de ensino e aprendizagem, tanto do ponto de vista do aluno que tem facilidade quanto do que tem dificuldade de aprendizagem, possibilita mais alunos se interessarem pelo ensino superior em Química, e menos desistirem do ensino superior em Química ao já estarem no curso.

Com isso, conhecer relações entre os processos de ensino/aprendizagem e as características filosóficas fundamentais das representações químicas oferece um espaço de reflexão e pesquisa que possibilita compreender melhor a própria dinâmica entre os universos dos iniciantes e dos profissionais da Química, o que interessa a pesquisadores de ambas as comunidades. Apesar de o Ensino de Química se ocupar dos iniciantes em Química e da Filosofia da Química se ocupar

dos profissionais da Química, as reflexões acerca do aprendizado das Representações Químicas interessam a ambas.

Para a Química e a Filosofia da Química, *significa porque representa*. O que muda de uma área para outra é o que está sendo representado pelas representações químicas: a matéria (na Química) ou as concepções científicas (na Filosofia da Química). Nesse sentido, o fundamento do significado é, atualmente, representacional para diversas áreas (GOIS, 2017).

Do ponto de vista de se trabalhar com a Filosofia da Química, essa constatação pode não apresentar qualquer entrave relevante. No entanto, do ponto de vista do Ensino de Química, a visão representacionista de significado auxilia em muito pouco a compreensão sobre os processos de ensino e aprendizagem que ocorrem em sala de aula com iniciantes. No caso das tríades de Peirce, observar aspectos de similaridade, regularidade e indicialidade podem ajudar nossa compreensão desses processos, mas com limitações (GOIS, 2007).

Pensar em representação como fundamento filosófico dificulta nossa compreensão dos processos de ensino e aprendizagem porque se trata de uma ilustração filosófica pouco social e cultural do ponto de vista de muitos autores, especialmente das áreas aqui apresentadas, apesar de haver possibilidade de compreender essa ilustração de um ponto de vista social e cultural (ARAÚJO-NETO, 2009). É possível relacionar a palavra representação a outros significados, mais sociais e culturais, e utilizar esta ilustração filosófica de forma paralela com outras ilustrações, mantendo o sentido original da palavra ‘representação’ nos campos destacados nesse capítulo. É isso o que fazemos na Química: ora atribuímos outros sentidos a palavras já conhecidas do cotidiano (por exemplo: compostos não-inocentes na química inorgânica), ora inventamos novas palavras para novas concepções (por exemplo: molaridade).

Nossa opção epistemológica é multiplicar as ilustrações acerca da elaboração de significados e essa opção tem total relação com o

referencial teórico que adotamos, no caso, a filosofia de Wittgenstein. É comum na química termos várias ilustrações acerca de concepções centrais (por exemplo: modelos atômicos, ácidos etc.). Em termos filosóficos, essa opção pretende contribuir com a aproximação entre o Ensino de Química e a Filosofia da Química. A contribuição, nesse caso, estará na proposta filosófica de olhar o significado não de um ponto de vista estrutural, representacional, lógico ou mental, mas sim com base nos usos que fazemos da linguagem. As contribuições dessas concepções filosóficas podem nos auxiliar a compreender a natureza dos processos de ensino na sala de aula.

Nas Investigações Filosóficas (WITTGENSTEIN, 2008) é colocado em pauta o postulado filosófico de que o significado dependeria exclusivamente de uma relação de representação, descrito como concepção agostiniana de significado. É importante destacar que se trata de uma ilustração. Wittgenstein questiona a exclusividade da ilustração da representação como fundamento do significado, sem contudo negar a possibilidade de ocorrência de significado por representação.

Em especial, Wittgenstein procura revisitar a concepção que ele mesmo elaborou no *Tractatus Logico-Philosophicus* (WITTGENSTEIN, 2010), conhecida como *figuração*. Nessa concepção, a relação entre linguagem e mundo ocorreria porque as proposições da linguagem *figuram* o mundo, no sentido de serem uma figura, uma foto ou quadro. Essa *figuração* entre a linguagem e o mundo poderia ser descrita em termos da lógica clássica, consistindo no fundamento do significado. O que haveria de comum entre uma *figura* e o que ela representa seria a sua forma lógica (KENNY, 2008).

A partir da compreensão de que os significados não precisam depender de uma representação, os processos de significação resultantes da fala e atividades a ela ligadas não precisam, necessariamente, incluir uma relação de representação. As contribuições das concepções de Wittgenstein para o Ensino de Química estão na compreensão de que o significado está nos usos que fazemos da linguagem. Com isso, não há



dependência de qualquer relação de representação, lógica ou psicológica, para compreender os processos de elaboração de significados.

Na Filosofia da Química a visão clássica representacional de significado pode ser suficiente em função dos objetivos de investigação filosófica das pesquisas em química. No Ensino de química, no entanto, essa visão filosófica pode limitar a compreensão de aspectos processuais filosóficos e metodológicos. Uma vez que as investigações na área de Ensino estão focalizadas em aspectos materiais, como atividades de ensino em sala de aula, currículos, coleta de dados, formação de professores, divulgação científica, dentre outros, é importante incluir pressupostos que viabilizem a compreensão dos fundamentos do significado em uma direção processual.

E as representações químicas podem ser um ponto de interesse comum que possibilite investigações de natureza filosófica com consequências para as atividades de ensino. A partir da compreensão de que há aspectos comuns que interessam para a Filosofia da Química e para a Educação em Química, destaco que já há diversas filosofias presentes na área de Ensino, de várias áreas de conhecimento, bem como aproximações iniciais da Filosofia da Ciência em direção à filosofia de Wittgenstein, o que possibilitaria uma filosofia do ensino de química (GOIS, 2019).

## **Conclusão**

Finalizo este texto defendendo a presença da Filosofia da Química em cursos superiores de Química, tanto de Licenciatura quanto de Bacharelado. De alguma forma, cursos de Licenciatura oferecem possibilidades de reflexão com as ferramentas de pensamento próprias das ciências humanas, o que também contribui fortemente para a construção da cidadania dos alunos de graduação. Esses profissionais da química desempenharão diversas atividades nos mais variados setores da sociedade (indústria, comércio, pesquisa científica e ensino) e em todos

os casos, conhecer as bases da elaboração do pensamento químico com ferramentas filosóficas auxiliará na sua formação humana.

Uma reflexão com as ferramentas de pensamento das ciências humanas pode incentivar o interesse do estudante pelos fundamentos da Química, e mesmo pela Filosofia da Química, como foi o nosso caso. Ter contato com os fundamentos filosóficos de sua área de conhecimento deveria ser um fato em toda grade curricular, não apenas da Química.

Em especial, isso instrumentará os profissionais bacharéis e licenciados quanto à posição que a Química deve ter na sociedade, e os auxiliará a se posicionarem criticamente nos diversos espaços que devem ocupar. É bem conhecida a defesa, na Filosofia da Química, que a Química tem seus próprios fundamentos, não sendo subárea que qualquer outra área de conhecimento. A nosso ver, a Filosofia da Química auxiliará os profissionais a entenderem a singularidade de sua área e a disseminarem essa concepção na sociedade.

## Referências bibliográficas

- ARAÚJO-NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no ensino superior de química**. 2009. 228 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- GHINS, Michel. Bas van Fraasen on scientific representations. *Analysis*, v. 70, n. 3, p. 524-536, 2010.
- GOIS, Jackson. **Desenvolvimento e automatização de um método teórico para a avaliação quantitativa da seletividade de proteínas do MHC por diferentes antígenos**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica), Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- GOIS, Jackson. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em química**. 171f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Institutos de Física, Química e Biologia e Faculdade de Educação (Programa Interunidades em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GOIS, Jackson. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein**. 278f. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GOIS, Jackson. **Filosofia do Ensino de Ciências: significação e representações químicas**. Ijuí (RS): Ed. Unijuí, 2017.

GOIS, Jackson. Filosofia do Ensino de Ciências e de Química. **Revista de Debates em Ensino de Química** (REDEQUIM), v. 5, n. 2, 2019.

GONZÁLEZ, Juan Camilo Martínez; FORTIN, Sebastian; LOMBARDI, Olimpia. Why molecular structure cannot be strictly reduced to quantum mechanics. **Foundations of Chemistry**, <https://doi.org/10.1007/s10698-018-9310-2>, 2018.

HOFFMAN, R.; LASZLO, P. Representation in Chemistry. **Angewandte Chemie**, v. 30, p. 1-16, 1991.

KENNY, Anthony. **Wittgenstein**. Oxford: Blackwell Publishing, 2008.

KLEIN, Ursula. Paper Tools in experimental cultures. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 32, n. 2, p. 265-302, 2001.

LASZLO, Pierre. **A palavra das coisas**. Ou a linguagem da química. 1ª ed. Lisboa: Gradiva, p. 283, 1995.

OCHIAI, Hirohumi. Does a molecule have structure? **Foundations of Chemistry**, v. 19, n. 3, pp. 197-27, 2017.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo. Ed. Perspectiva. 3a ed. 2005.

SCERRI, Eric. Philosophy of chemistry – a new interdisciplinary field? **Journal of Chemical Education**, v. 77, pp.1-4, 2000.

SCHUMMER, Joachim. The philosophy of chemistry: from infancy toward maturity. In: Baird, D.; Scerri, E.; MacIntyre, L. (eds.), **Philosophy of chemistry: synthesis of a new discipline** (Boston studies in the philosophy of science), Dordrecht (Springer), v. 242, pp.19-39, 2006.

WERTSCH, J. V. Mind as action. New York, USA: Oxford Univ. Press, 1998.

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Da Certeza**. 1a ed. Lisboa: Edições 70, 2000

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Investigações Filosóficas**. 5ª ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Tractatus Logico-Philosophicus**. 3ª ed. São Paulo: EDUSP, 2010.

## Índice Remissivo

---

### A

afinidade · 137  
Allen Debus · 46  
alquimia · 30  
antinomias químicas · 94  
antropologia · 108  
Aristóteles · 30  
Auguste Comte · 50

---

### B

Bachelard · 80  
Bernadette Bensaude-Vincent · 46  
Boyle · 30

---

### C

Cassirer · 110  
Categoria substantiva · 10  
causalidade · 124  
causalidade descendente · 64

---

### Ch

chimica · 31  
Chymie · 48

---

### C

Ciências dos Materiais · 136  
circularidade · 125  
Círculo de Viena · *Consulte*

classificação das ciências · 125  
Claude Lévi-Strauss · 49  
clorofluorcarbonetos · 177  
Complexificação · 91  
Comte · 54  
comunidade epistêmica · 77  
concepções alternativas · 174  
Condillac · 46  
cultura · 108

---

### D

d'Alembert · 48  
densidade de probabilidade · 181  
descoerência · 153  
determinação pessoal · 109  
determinismo · 145  
devir · 89  
diagramaticidade · 83  
Diderot · 48  
dimensão tática · 83

---

### E

Emergência · 159  
emergentismo · 145  
epistemologia · 78  
Epistemologia Genética · 124  
Ernst Cassirer · 103

Estrutura filosófica · 11  
Estrutura pedagógica · 11  
estudos de caso · 171  
Ética · 160  
evolução química · 34

---

## F

fenomenotecnia · 83  
filosofia · 35  
filosofia da ciência · 157  
filosofias da matéria · 31  
flogístico · 47  
*Foro Internacional* · 12  
*Foundations of Chemistry* · 34  
François Hartog · 67

---

## G

Gabriel-François Venel · 48  
gasolina · 176  
Gaston Bachelard · 43  
geometrias não euclidianas · 43  
Goedhart · 173  
Goethe · 106, 110  
gramática · 81  
Guyton de Morveau · 47

---

## H

Hegel · 107  
Hempel · 44, 175  
Hilary Putnam · 146  
história da química · 79  
holismo · 145

Humboldt · 107

---

## I

*Inferência para a melhor explicação* ·  
150  
instrumentos de papel · 64  
interpretantes · 179  
irreversibilidade · 88  
Isabelle Stengers · 46  
ISPC · 32

---

## J

Jakobson · 118  
John Michael Krois · 110  
Juergen Heinrich Maar · 45

---

## K

Kuhn · 12, 14, 45

---

## L

Laszlo · 137  
Lavoisier · 45  
Leibniz · 104  
Ligação Química · 159  
linguagem · 104  
linguagem da química · 34  
livros didáticos · 171  
lógica do descobrimento · 104

---

## M

Marcellin Berthelot · 65  
Mendeleev · 66  
metaciências · 78

metaquímica · 66, 171  
 Michel Paty · 104  
 modelos corpusculares · 137  
 Modelos na Química · 159  
 modelos químicos · 34  
 Modernidade · 46  
 Morphologie · 111

---

## N

Nagel · 175  
 natureza das explicações · 171  
 NOS · 158

---

## O

octanagem · 176  
 ontologia · 105  
 orbitais preenchidos · 182  
 orbital · 181

---

## P

Paolo Rossi · 46  
 paradigma · 35  
 Paradigmas · 29  
 Paul Dirac · 148  
 Peirce · 118, 178, 192  
 pensar quimicamente · 168  
 percepção · 108  
 pluralismo · 82, 83  
*pluralismo ontológico* · 146  
 Popper · 44  
 positivismo filosófico e pedagógico · 90  
 positivismo lógico · 49

praxis química · 75  
 práxis química · 81  
 problema da demarcação · 36  
 processualidade · 83  
 proposição empírica · 195  
 proposição gramatical · 195  
 psicologia · 108

---

## Q

química crítico-reflexiva · 178  
 química de síntese · 43  
 química medieval · 34  
 Quine · 44

---

## R

racionalismo · 107  
 realismo · 146, 171, 180  
*Realismo axiológico* · 150  
*Realismo crítico* · 150  
*realismo de entidades* · 151  
 realismo estrutural · 152  
 realismo internalista · 146  
*Realismo ontológico* · 150  
*Realismo semântico* · 150  
*Realismo teórico* · 150  
 reatividade · 137  
 redução · 145  
 redução epistemológica · 148  
 redução por interdependência · 128  
 reducionismo · 125, 171  
 reducionismo epistemológico · 131

reducionismo ontológico · 131  
redutibilidade · 37  
representações · 64  
representações estruturais · 105  
Representações Químicas · 195  
revolução científica · 46  
revolução química · 45  
Roald Hoffmann · 65  
romantismo alemão · 109

---

## S

século das Luzes · 47  
semioses · 179  
Semiótica · 103  
setor produtivo · 173  
síntese química · 160  
submicroscópico · 175

*SUMMER SYMPOSIUM* · 32

---

## T

Tabela Periódica · 159  
teoria corpuscular · 14  
teorias da matéria · 31  
tetraetilchumbo · 176  
triângulo de Johnstone · 178

---

## U

Uexküll · 113

---

## V

verdade · 147  
Vicente Coelho de Seabra · 52  
Visualização · 161

---

## W

Wittgenstein · 193



A Editora Fi é especializada na editoração, publicação e divulgação de pesquisa acadêmica/científica das humanidades, sob acesso aberto, produzida em parceria das mais diversas instituições de ensino superior no Brasil. Conheça nosso catálogo e siga as páginas oficiais nas principais redes sociais para acompanhar novos lançamentos e eventos.



**[www.editorafi.org](http://www.editorafi.org)**  
**[contato@editorafi.org](mailto:contato@editorafi.org)**