

A Natureza da Química: uma investigação sobre compreensões de licenciandos de química

The Nature of chemistry: an investigation on understanding from undergraduates for Chemistry's teacher

Melquesedeque da Silva Freire

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
melquimico@yahoo.com.br

Edenia Maria Ribeiro do Amaral

Universidade Federal Rural de Pernambuco
edsamaral@uol.com.br

Resumo:

Este trabalho apresenta os resultados de uma investigação sobre as compreensões de licenciandos de química acerca da Natureza da Ciência Química. Os dados foram coletados por meio de um questionário aberto, de uma ficha para a análise de fragmentos de textos apresentados aos participantes e transcrições da gravação em áudio-vídeo de uma experiência formativa realizada com os mesmos. Os dados foram analisados com base em uma abordagem qualitativa e os resultados evidenciaram uma diversidade de modos de pensar sobre Química, quanto ao seu objeto de estudo, metodologias e outras concepções fundamentadas em perspectivas relacionadas a reducionismos dos tipos ontológico e epistemológico.

Palavras-chave: Natureza da Química, Filosofia da Química, Formação inicial de professores.

Abstract:

This paper presents the results of an investigation on the understanding of the undergraduates for Chemistry's teachers concerning to the Nature of Chemistry. To collect data, we used an open questionnaire, pieces of a written note presented to attendees, and transcriptions from the audio-video recording of a training experience performed with them. For analysis of data, we adopted a qualitative approach and the results showed a diversity of ways of thinking about Chemistry in regarding with object of study, methodologies and other conceptions based on perspectives related to the types of ontological and epistemological reductionisms.

Key Words: Nature of Chemistry, Philosophy of Chemistry, Initial formation of teachers

Introdução

Há pouco mais de duas décadas tem se estabelecido um novo campo de produção de conhecimento, como uma subárea da filosofia da ciência, que busca a reflexão histórica e filosófica das particularidades da ciência química, a Filosofia da Química (SCERRI e McINTYRE, 1997; ERDURAN, 2001; SCHUMMER, 2006). Com este surgimento, nasce também uma promissora interface com a Educação em Química, que tem sido defendida por diferentes autores, apontando contribuições e critérios na seleção de conteúdos para a organização de currículos e para a melhoria da formação dos professores de química (SCERRI, 2001; ERDURAN, ADURIZ-BRAVO e NAAMAN, 2007; TALANQUER, 2009, 2013).

Dentre os temas e linhas de trabalho da Filosofia da Química, está o problema do reducionismo e, em especial, a questão da autonomia da química e sua relação com a física (SCERRI e McINTYRE, 1997; LABARCA, 2005, ERDURAN e MUGALOGLU, 2013). Entendendo o reducionismo como um processo de unificação da ciência, no qual se derivam princípios de uma ciência a outra, este tema é tradicionalmente tratado na literatura da Filosofia da Química sob duas formas: o reducionismo epistemológico e o reducionismo ontológico (CHAMIZO, 2010).

A redução ontológica refere-se à dependência ontológica de entidades, propriedades e regularidades de um estrato da realidade a outro estrato considerado como ontologicamente fundamental, ao qual todos os outros níveis reduzem direta ou indiretamente. De um ponto de vista do reducionismo ontológico da química à física, se consideraria que as entidades de que fala a química (átomos, íons, moléculas, etc.) não passam de entidades físicas, em outras palavras, a realidade independente estaria povoada exclusivamente por entidades e propriedades da física fundamental (LOMBARDI e PÉREZ, 2010). A redução epistemológica, por sua vez, refere-se à relação entre teorias científicas, quer dizer, uma teoria é deduzida de outra mais fundamental (LOMBARDI e LABARCA, 2007), isso ocorre, por exemplo, ao se explicar propriedades de um sistema químico em termos das propriedades dos microcomponentes físicos, recorrendo-se especialmente aos princípios da mecânica quântica (SCERRI e McINTYRE, 1997).

O problema da redução da química à física figura entre os temas de maior maturidade na Filosofia da Química, e na defesa da sua autonomia têm sido levantados importantes argumentos contrários à perspectiva reducionista, sob o ponto de vista epistemológico e ontológico (BUNGE, 1982, SCERRI e McINTYRE, 1997; CHAMIZO, 2010, LABARCA e LOMBARDI, 2005; LOMBARDI e PÉREZ, 2010, entre outros).

Os diferentes tipos de reducionismos trazem consigo implicações para o ensino, como bem destaca Talanquer (2013) que, ao se adotar uma visão da física como ciência paradigmática, as teorias, modelos e modos de pensar da química só teriam valor se pudessem ser expressos em termos físico-matemáticos, o que resultaria em um ensino pautado na ênfase de cálculos, aplicação de algoritmos em detrimento de aspectos qualitativos, relacionais e classificatórios, essenciais na química.

Essas considerações direcionaram o desenvolvimento desta pesquisa, que constitui um recorte de um projeto de investigação mais amplo, com vistas a investigar, na formação inicial de professores de química, aspectos relacionados à natureza do conhecimento químico e suas implicações na constituição do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. Na intenção de estabelecer bases para a execução desse projeto, foi desenvolvida esta pesquisa preliminar com o propósito de responder à seguinte questão: como

licenciandos de química compreendem a natureza da química e seu lugar como ciência? Para isto, definimos como objetivo analisar compreensões dos licenciandos sobre a ciência química.

Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida com licenciandos em química no contexto de um programa de formação do Instituto de Química da UFRN. Um dos autores deste trabalho ministrou o curso de formação para os licenciandos. Participaram das atividades 24 licenciandos que cursavam do segundo ao último período do curso. Foram realizados 4 encontros de 2,5h cada, em dias consecutivos, nos quais foram organizadas atividades e discussões relacionadas a tópicos da Filosofia da Química, a saber: o problema do reducionismo, a metafísica das entidades químicas e o realismo, as leis e explicações da química, e sobre o tema ética e imagem pública da química. Neste artigo, apresentaremos uma análise dos dados obtidos nas atividades realizadas no primeiro encontro, que tratou especificamente do problema do reducionismo.

No primeiro encontro foram vivenciados dois momentos: o primeiro consistiu na aplicação de um questionário contendo questões abertas intencionadas a levantar percepções gerais dos licenciandos acerca da química. E no segundo momento, os licenciandos deveriam analisar três textos (codificados como Texto A, Texto B e Texto C) que traziam ideias relacionadas à Natureza da Química, e que sinalizavam concepções do reducionismo. Os licenciandos deveriam ler os textos e atribuir um grau de concordância que variava de 0 a 2 (0, para “discordo plenamente”; 1 para “concordo parcialmente” e 2 para “concordo plenamente”), justificando suas escolhas por escrito em uma ficha.

Os textos utilizados nesta segunda etapa foram selecionados com base em ideias e frases de autores da Filosofia da Química, quais sejam: **TEXTO A:** “*a totalidade da química pode ser explicada pelas leis da física, especialmente as da mecânica quântica. Quando analisados em profundidade, os objetos de que trata a química (os átomos, elétrons, moléculas) não passam de entidades físicas*” (traduzido e adaptado de Dirac, 1929, p. 714); **TEXTO B:** “*Podemos tomar a física como sendo a ciência “fundamental” que representa a realidade tal como é em si mesma, enquanto que a química seria uma disciplina meramente ‘fenomenológica’ que apenas descreve a realidade tal como ela se apresenta*” (traduzido e adaptado de Lombardi e Pérez, 2010, p. 200). **TEXTO C:** “*À primeira vista, a química se inclui na física porque os sistemas químicos parecem ser um tipo especial de sistemas físicos. Mas, esta impressão é incorreta, porque o que é físico em relação aos sistemas químicos são seus componentes em lugar do sistema em si mesmo, o qual possui propriedades emergentes além de propriedades físicas*” (traduzido de Bunge, 1982, p. 210).

Após a atividade de resposta ao questionário e preenchimento das fichas foi realizada uma discussão coletiva, que foi filmada e gravada em áudio, da qual foram capturadas as falas dos licenciandos. A transcrição dos áudios foi feita na íntegra, sendo tomados para a análise, os enunciados e posicionamentos que representassem ideias relevantes para a questão de pesquisa definida. Procedeu-se, então à leitura e releitura dos enunciados, escritos e orais produzidos pelos licenciandos, na busca de relações entre eles para o levantamento de categorias temáticas, em diálogo como o referencial teórico da Filosofia da Química, sendo este processo de análise baseado em elementos de uma abordagem qualitativa (BOGDAN e BIKLEN, 1994; LAVILLE e DIONNE, 1999).

Resultados

Os dados apontaram para uma análise em duas direções distintas: a primeira, relativa a ideias sobre a Natureza da Química, colocada no subitem “Visões gerais da ciência química”, na segunda, foram analisadas respostas que versavam sobre a “Relação entre química e física”. Ao longo do texto são ilustradas citações de licenciandos identificados pela letra “L” seguida de um número.

Visões gerais da ciência química

Neste primeiro item, destacamos as respostas tomadas da análise das três primeiras questões do questionário (1 - O que lhe vem à mente quando você ouve a palavra “química”? 2 - Para você, o que a química, enquanto ciência se interessa por estudar? 3 - Em sua opinião, o que distingue o objeto de estudo da química das outras ciências da natureza, como a física, por exemplo?). A tabela 1 apresenta as categorias, bem como a frequência com que as respostas foram citadas (N) e trechos das respostas dadas pelos licenciandos.

Categoria	N	Trechos de respostas dadas pelos licenciandos
Química “onipresente”	13	“a química é tudo. Nós não fazemos nada sem a química” (L2). “(...) o ar que respiramos contém química (...). Tudo contém química.” (L17)
Química como ciência abstrata e do “não observável”	9	“a química apresenta um grau de abstração maior ao falar do mundo microscópico” (L8) “A química mesmo sendo considerada abstrata pode ser representada por modelos químicos” (L1)
Química como “ciência fundamental”	2	“É claro que a física tem sua importância, mas, química consegue explicar muita coisa e com isso torna-se a ciência fundamental” (L4)
Outros aspectos gerais	5	“É a ciência que permite compreender as substâncias das coisas ou que compõem a formação de algo, sendo ela da natureza ou não” (L19) “A química como ciência pode dividir-se em várias áreas” (L23)

Tabela 1: Visões gerais da química

Destacamos na última categoria da tabela 1, uma única menção sobre a química tratar com substâncias “não naturais”. A baixa frequência de citação nesta categoria evidencia a pouca compreensão de um aspecto essencial da natureza do conhecimento químico que é o da química “criar o seu próprio objeto” e ter na síntese de novas moléculas uma de suas características distintivas (SCHUMMER, 2009). Resultado semelhante foi encontrado por Chamizo *et al* (2012) em outro contexto investigativo.

Na primeira categoria, temos um aspecto importante discutido por Baird, Scerri e McIntyre, (2006), qual seja, o fato de que assim como o ar que respiramos e que nos envolve, tomamos a química como algo dado, e que talvez por isso, esta foi ignorada pelos filósofos por muito tempo, e já que ela está “naturalmente” em todo lugar, perde-se de vista também o seu caráter de ser uma construção humana, histórica e social (BENSAUDE-VINCENTE e STENGERS, 1992). Já na segunda categoria faz-se importante destacar o reconhecimento de um aspecto significativo do pensamento químico que, ao envolver a relação entre os níveis macroscópico e submicroscópico (atômico-molecular), faz da química uma ciência dominada por modelos, logo, a existência de conceitos químicos abstratos explica o fato de muitos estudantes

encontrarem dificuldades em utilizá-los para explicar fenômenos químicos (ERDURAN, ADÚRIZ-BRAVO e NAAMAN, 2007).

Um dado interessante das respostas à primeira questão do questionário (“O que lhe vem à mente quando ouve a palavra química?”) é que os licenciandos quase sempre se remetem ao objeto de estudo da química, embora a segunda e terceira questão do instrumento abordassem esta dimensão. Na tabela 2, apresentamos as categorias de respostas encontradas.

Categorias	N	Trechos de respostas dadas pelos licenciandos
A “matéria” como objeto da química	15	“Ciência que estuda a matéria, suas propriedades e transformações” (L6) “O objeto de estudo da química é a matéria.” (L15)
Os “materiais” como objeto da química	6	“O estudo dos materiais” (L4) “O objeto de estudo da química é a transformação dos materiais” (L19)
Objeto da química descrito como entidades específicas que compõem a matéria e/ou os materiais	14	“Interessa-se pelo estudo das transformações e composição dos elementos” (L3) “A interação entre átomos, substâncias e moléculas” (L5)
Definições mais generalistas	7	“Química é a ciência que estuda a natureza das coisas” (L7) “A constituição e composição de tudo que está ao nosso redor” (L18)

Tabela 2: Respostas de licenciandos que remetem ao objeto de estudo da química

A análise das categorias relacionadas na tabela 2 traz à tona uma importante discussão, do ponto de vista filosófico, que são as diferenças na definição do objeto de estudo da química: “matéria” ou “materiais” e substâncias, ou ainda, as entidades que os compõem. Na primeira definição, – matéria –, tradicionalmente utilizada em muitos textos didáticos, estamos tratando de um conceito filosófico e que, portanto, carrega a problemática da dialética “matéria-forma” (SCHUMMER, 2008). Isso torna abrangente o espectro de análise da química, ampliando-o para objetos de interesse de outras disciplinas.

Finalmente, algumas respostas à questão 2 do questionário (“Para você, o que a química, enquanto ciência, se interessa por estudar?”) apontaram para os aspectos metodológicos/epistemológicos da química. Destaca-se, principalmente, que a química lida com um “fazer” marcado pelo trânsito entre o nível macroscópico e o nível microscópico (5 citações), sendo indicado que o movimento sempre parte do “micro” (sem a indicação do prefixo “sub”) para o “macro”. Outro aspecto relevante foi a ausência de menção do nível representacional (a linguagem química) no discurso dos licenciandos. Uma importante sugestão de Erduran *et al* (2007) para a compreensão da relação entre o nível macroscópico e (sub) microscópico (atômico-molecular) é a inserção de argumentos fundamentados na perspectiva da superveniência, comumente definida na filosofia como uma relação de dependência assimétrica entre conjuntos de propriedades. Tal escolha forneceria aos licenciandos subsídios epistemológicos e ontológicos para a distinção dos diferentes níveis entre os quais a química transita.

Ainda com relação ao aspecto supracitado, em 2 citações, os licenciandos mencionaram que “a química tem um caráter experimental” e “quantitativo”. Nota-se uma ausência de menção aos métodos de “análise” e “síntese” que caracterizam o conhecimento químico (CHAMIZO, 2010) ou das “questões centrais” da química, tais como: O que é isto? Como o produzo? Como o transformo? E, como o explico ou predigo? Conforme

Talanquer (2009) é preciso conhecer de maneira explícita as perguntas essenciais que motivam o trabalho e as ideias centrais que guiam o pensamento químico.

Relação entre química e física

Neste bloco são apresentadas e discutidas as respostas dos licenciandos que versavam sobre a relação entre química e física, a partir das quais pudemos identificar indícios de reducionismos epistemológico e ontológico ou de defesa da autonomia da química. No quadro 1 apresentamos alguns trechos de respostas dos licenciandos, levantadas a partir das suas justificativas apresentadas aos textos A, B e C.

Indícios de reducionismo epistemológico
“Quanto à afirmação de que a mecânica quântica pode explicar a química, (...) penso que sim. Um exemplo é a mecânica quântica fornecer ideias e justificá-las como ocorre na TLV e TOM. (Teoria da Ligação de Valência e Teoria dos Orbitais Moleculares, respectivamente)” (L15)
“Muito do que se sabe sobre a química pode sim ser explicada pela física. Muitas reações químicas ocorrem a partir de fenômenos explicados pelo eletromagnetismo, por exemplo.” (L22)
“Acredito que toda explicação química possui embasamento físico” (L3)
Indícios de reducionismo ontológico
“a matéria é formada por entidades físicas” (L8)
“Os objetos de que trata a química como átomos e moléculas são em si modelos que tentam representar elementos físicos.” (L12)
Comparação entre química e física
“(…) a química lida mais com o abstrato, enquanto que a física com o concreto. Como se a química explicasse o micro e a física, o macro.” (L14)
“Tanto a física, quanto a química são ciências que representam a realidade, os fenômenos e suas causas e ambas os descrevem de pontos de vista diferentes.” (L7)
“A química trata com possibilidades (...) a física provoca uma construção maior (...), a busca por o conhecimento universal. Exemplo: a unificação das quatro forças fundamentais: a gravidade, a força eletromagnética e as forças nuclear forte e fraca.” (L11)

Quadro 1: Respostas de licenciandos acerca da relação entre a química e a física

Nas colocações dos licenciandos, podemos identificar indícios de reducionismo epistemológico da química à física. Embora as descrições e os conceitos químicos não possam derivar-se dos conceitos e das leis da física tal como supõem, na perspectiva do reducionismo epistemológico (LOMBARDI e LABARCA, 2007), esta foi uma opinião bastante defendida pelos licenciandos. E com relação ao reducionismo ontológico, algumas das colocações trazem indícios que parecem mais explícitos, conforme exemplos do quadro 1. Também destacamos algumas citações que ao buscarem defender a autonomia da química, advogavam um “reducionismo parcial” (6 citações) ou a visão de uma complementaridade entre as disciplinas (15 citações), ou ainda de que a química busca uma descrição mais “íntima” da natureza da matéria do que física (6 citações) tal como ilustramos na terceira parte das citações do quadro 1.

Tais ideias podem refletir uma tentativa dos licenciandos em melhor delimitar o campo de atuação da ciência química, na qual estão sendo iniciados. Esta dificuldade de situar a química em comparação com a física foi encontrada também em pesquisa em outro contexto universitário (CHAMIZO *et al*, 2012). Destacamos a última citação de “L12”

do quadro 1, que sugere a compreensão de uma importante característica distintiva da natureza da química, a de um pluralismo pragmático de métodos em oposição à busca de verdades universais, como ocorre na física (SCHUMMER, 2009).

Considerações Finais

Neste trabalho, promovemos uma primeira aproximação dos licenciandos com a Filosofia da Química. A abordagem de questões dessa área se constitui uma ferramenta útil com importantes contribuições para o ensino de química e para a formação de professores de química. O debate destas questões traz consigo implicações sobre a pesquisa em currículos, planejamento, estratégias de ensino e recursos didático-pedagógicos.

De uma forma geral, constatamos que parte dos licenciandos apresentam uma visão reducionista da química com relação à física, ainda que não tenham uma noção clara do que isso representa em termos epistemológicos ou ontológicos. Outros parecem perceber que a química, como qualquer disciplina científica, tem sua complexidade e suas próprias peculiaridades, que a caracterizam como um corpo de conhecimento distinto de outras ciências. Parece-nos que um conhecimento mais aprofundado sobre a ciência química, tais como a identificação das ideias centrais da química, que é um dos objetivos mais importantes das políticas curriculares, poderá facilitar um maior domínio do objeto que a química trata, e das relações que podem ser estabelecidas entre este objeto e outros abordados por outras ciências. Nesse sentido, há de se considerar a necessidade de futuros professores refletirem mais sobre as questões essenciais da química, ao invés de citar apenas definições sobre qual é o objeto de estudo desta ciência, muitas vezes apoiando-se em leituras pautadas em reducionismos.

Na continuidade do trabalho, outras investigações deverão ser conduzidas, sobre como mobilizar estas reflexões filosóficas, mediante estratégias didáticas com vistas à formação profissional dos futuros professores. Com isso, pretendemos contribuir para uma melhor formação epistemológica e ontológica dos mesmos, o que poderá refletir na constituição do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, entre outros, e na adoção de melhores estratégias para o ensino de química.

Referências bibliográficas

- BAIRD, D.; SCERRI, E. e McINTYRE, L. Introduction: The Invisibility of Chemistry. In: _____ (Eds.). **Philosophy of chemistry**: Synthesis of a new discipline. Dordrecht: Springer, 2006, p.3-18.
- BENSAUDE-VINCENT, B. e STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- BOGDAN, R. e BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.
- BUNGE, M. Is Chemistry a branch of Physics? **Zeitschrift fur allgemeine Wissenschaftstheorie**, n. 13, p. 209-223, 1982.
- CHAMIZO, J. A. El conocimiento químico. In: CHAMIZO, J. A. (Coord.) **Historia y Filosofía de la Química**: aportes para la enseñanza. México: Siglo XXI, 2010, p.210-236.

CHAMIZO, J. A.; CASTILLO, D. e PACHECO, I. La naturaleza de la química. **Educación Química**, v. 23, n. E2, 2012.

DIRAC, P. A. M. Quantum mechanics of many-electron systems. **Proceedings of the Royal Society**, A338, p. 714-733, 1929.

ERDURAN, S. Philosophy of Chemistry: an emerging field with implications for chemistry education. **Science & Education**, v. 10, p. 581-593, 2001.

ERDURAN, S., ADURIZ-BRAVO, A. e NAAMAN, R. M. Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. **Science & Education**, n. 16, p. 975-989, 2007.

ERDURAN, S. e MURGALOGLU, E. Philosophy of chemistry in chemical education: recent trends and future directions. In: Matthews, M. (ed.). **Handbook of Research on History, Philosophy and Sociology of Science**. Springer, 2013.

LABARCA, M. La Filosofía de la Química en la Filosofía de la ciencia contemporánea. **Redes**, v. 11, n. 21, p.155-171, 2005.

LABARCA, M. G. e LOMBARDI, O. The ontological autonomy of the chemical world. **Foundations of Chemistry**, v. 7, n.2, p. 125-148, 2005.

LAVILLE, C. e DIONNE, J. A. **construção do saber**: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Trad.; Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte; Editora UFMG, 1999.

LOMBARDI, O. e LABARCA, M. The Philosophy of Chemistry as a New Resource for Chemistry Education. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n.1, p.187-192, 2007.

LOMBARDI, O. e PÉREZ, A. R. En defensa de la autonomía de la química frente a la física. Discusión de un problema filosófico. In: CHAMIZO, J. A. (Coord.) **Historia y Filosofía de la Química**: aportes para la enseñanza. México: Siglo XXI, 2010, p.195-209.

SCERRI, E. R. e McINTYRE, L. The case for the Philosophy of Chemistry. **Synthese**, n. 11, p.213-232, 1997.

SCERRI, E. The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 2, n. 2, p. 165-170, 2001.

SCHUMMER, J. The philosophy of chemistry: from infancy toward maturity. In: D. BAIRD, E. SCERRI & L. McINTYRE (Eds.). **Philosophy of chemistry**: Synthesis of a new discipline. Dordrecht: Springer, 2006, p.19-39.

_____. Matter versus Form and Beyond. In: RUTHENBERG, K. & VAN BRAKEL, J. (eds.): **Stuff: The Nature of Chemical Substances**, Würzburg: Königshausen & Neumann, 2008, p. 3-18.

_____. The philosophy of Chemistry. In: ALLHOFF, F. (ed.) **Philosophies of the Sciences**. Blackwell-Wiley, 2009, p.163-183.

TALANQUER, V. Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos? **Educación Química**, v. 20, n. E, p. 220-226, 2009.

_____. School Chemistry: the need for transgression. **Science & Education**, v. 22, n. 7, p. 1757-1773, 2013.