

Uma História do Antiatomismo

A History of Antiatomism

Letícia dos Santos Pereira

Universidade Federal da Bahia – Universidade Estadual de Feira de Santana
leticiaufba6@gmail.com

José Luís de Paula Barros Silva

Universidade Federal da Bahia
joselui@ufba.br

Resumo

O conceito de átomo possui extrema relevância para a Química, podendo ser considerado um dos mais fundamentais conceitos desta ciência. Todavia, a teoria atômica foi duramente combatida por filósofos e cientistas em diferentes épocas na história, se estabelecendo como ideia científica válida apenas no início do século XX e permanecendo ainda hoje muitas dúvidas sobre a natureza e características dessas entidades. Este artigo tem como objetivo discutir aspectos do antiatomismo que consideramos importantes para o ensino de química. Iniciamos com a discussão do antiatomismo filosófico que se prolonga no pensamento essencialista da Idade Média. Prosseguimos com o antiatomismo científico, reação às propostas de Dalton, tanto do ponto de vista instrumental, quanto cético. Concluimos apresentando o Energeticismo no final do século XIX, que se propôs como alternativa ao atomismo. Desse modo, pretendemos contribuir para um ensino dos modelos atômicos mais próximo do fazer dos químicos.

Palavras chave: antiatomismo, controvérsia científica, história da química, ensino de química.

Abstract

The concept of atom is of extreme relevance to Chemistry, once it can be assumed as one of the most fundamental concepts of this science. However, the atomic theory was severely fought by philosophers and scientists during different history times, establishing itself as valid scientific idea just in the early 20th century, but many questions about the nature and features of these entities remain until today. The objective of this paper is to discuss important antiatomism's aspects for chemistry teaching. The discussion starts with philosophical antiatomism, which plays a role in essentialist thinking in the Middle Ages. It follows with scientific antiatomism, a reaction to Dalton ideas, both, in instrumental and skeptical point of view. We conclude presenting the Energetics in the end of 19th century, which was suggested to be an alternative to atomism. Thus, we intend to make contribution to an atomic models teaching closer to chemist's affairs.

Key words: antiatomism, scientific controversy, history of chemistry, chemistry teaching.

Introdução

A ideia de átomo é tão importante para a Química que é difícil não associá-lo imediatamente a esta ciência. O átomo está presente no fazer científico da Química contemporânea, como exemplificam os programas de síntese orgânica, nanomateriais e química computacional, e no arcabouço conceitual mais fundamental desta ciência, relacionando-se aos conceitos de valência, estrutura molecular, ligação química, dentre muitos outros.

No Ensino de Química, a temática dos modelos atômicos talvez seja aquela em que considerações histórico-filosóficas apareçam de maneira mais explícita, dada a necessidade de compreender o desenvolvimento das ideias atomistas sobre a constituição da matéria. Nesse caso, os livros didáticos constituem a principal fonte de muitos professores a respeito de questões históricas sobre o desenvolvimento do atomismo. Contudo, esses materiais excluem dessas narrativas os debates, dúvidas e controvérsias sobre o atomismo até a aceitação dessa teoria (CHAVES, et. al., 2014).

Desde a inserção do atomismo na Química pelo britânico John Dalton em 1808, até sua aceitação no início do século XX, a existência dos átomos e seu valor como teoria científica foram questionados e rejeitados por inúmeros nomes importantes para a ciência (NYE, 1984). Contudo, as controvérsias, assim como os oponentes da teoria atômica, não são retratados nos livros didáticos, que tendem a apresentar o desenvolvimento dos modelos atômicos de maneira progressista, cumulativa e descontínua (Ibidem, p. 272).

A ausência de controvérsias científicas nos livros didáticos omite dos estudantes uma visão de ciência como um empreendimento dinâmico, produto de intensos debates e dúvidas envolvendo seus praticantes e fatores externos à prática científica. Consideramos que um ensino de ciências que leve em conta tais considerações históricas pode contribuir para uma visão de natureza da ciência mais próxima ao fazer científico (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007; MATTHEWS, 1995).

Desenvolver tal concepção de natureza da ciência se justifica pela necessidade de apresentar aos estudantes a ciência como integrante da cultura, relacionando-a a aspectos históricos, sociais, econômicos e filosóficos, como defende Matthews (1995). Contudo, abordagens como esta esbarram, dentre outros problemas, na carência de materiais didáticos adequados a este propósito e na pouca presença desse tipo de considerações nos livros didáticos (MARTINS, 2007, p.121).

Em vista do exposto, o objetivo deste trabalho é discutir aspectos do antiatomismo que consideramos importantes como contribuição para um ensino dos modelos atômicos mais próximo do fazer dos químicos.

Oposição ao Atomismo Filosófico

As raízes filosóficas do atomismo são apresentadas aos estudantes como a gênese da ideia de constituição da matéria, sendo os filósofos Leucipo e Demócrito (séc. V a.C.) considerados os primeiros a propor uma solução para o problema de constituição da matéria, ao conjecturar a existência de partículas indivisíveis chamadas de átomos. Entretanto, tal apresentação consiste em um grande anacronismo: esses filósofos não estavam interessados no problema da constituição da matéria, mas sim em solucionar um problema filosófico distinto.

O atomismo filosófico surgiu como resposta ao paradoxo formulado pelo filósofo grego Parmênides (séc. V a.C.). Partindo do pressuposto que o mundo real é eterno e imutável, este

filósofo apresentava o seguinte questionamento: se o que é real é imutável, e acreditamos que o mundo físico é real, por que o mundo físico sofre modificações?

Para os atomistas o mundo físico seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formas, tamanhos e arranjos chamadas átomos. Os atomistas defendiam que as mudanças no mundo eram apenas aparentes, pois os átomos, constituintes da essência das coisas, permaneceriam imutáveis, respondendo o paradoxo de Parmênides (ROCHA, 2006).

Outra resposta para esse problema foi dada pela teoria dos quatro elementos, elaborada por Empédocles e posteriormente reformulada por Aristóteles. A visão aristotélica propunha a existência de cinco elementos primordiais ordenados em dois diferentes planos, o mundo supralunar e o mundo sublunar. O mundo supralunar, perfeito e incorruptível, seria constituído de um elemento único, o éter; enquanto o mundo sublunar seria formado pelos quatro elementos fogo, ar, água e terra. Segundo este filósofo, os quatro elementos constituintes do mundo sensível seriam transmutáveis entre si, ou seja, corruptíveis. Todavia, os mesmos seriam formados por uma substância primordial, o hylé; uma substância perene que, quando combinada com quatro qualidades fundamentais – quente, seco, úmido e frio – geraria os quatro elementos fundamentais (OKI, 2002).

Segundo Rocha (2006), Aristóteles criticou a interpretação dos filósofos atomistas ao paradoxo de Parmênides, argumentando que os seres vivos seriam demasiadamente complexos para serem entendidos através da união e separação de partículas. Além disso, Aristóteles fundamentava suas críticas em experiências sensoriais simples, como o fenômeno da evaporação da água, interpretado por este filósofo como a lenta transformação do elemento água no elemento ar – uma interpretação plausível desse fenômeno, a julgar pelo contexto da época.

A Hegemonia das Essências.

A influência da filosofia de Aristóteles entre os intelectuais europeus durante a baixa Idade Média é notável. Desde que o pensamento desse filósofo foi incorporado aos dogmas cristãos, sua filosofia tornou-se parte do pensamento dominante desse período. Porém, antes de ser redescoberta pelos europeus, a obra aristotélica já havia se tornado conhecida pelos orientais, especialmente pelos islâmicos, responsáveis por levar o pensamento aristotélico de volta ao seu continente de origem.

Uma característica da filosofia aristotélica que permeou a intelectualidade oriental e ocidental foi a noção de essência, ou princípio. A ideia de que a matéria era composta por princípios dominou a mentalidade dos alquimistas e os filósofos naturais cristãos. O alquimista árabe Jabir ibn Hayyan (séc. IX d.C.) elaborou a teoria do “enxofre e mercúrio”, segundo a qual todos os corpos seriam constituídos dos princípios enxofre (responsável pela “combustibilidade” da matéria) e mercúrio (responsável pela “metalidade” da matéria) em diferentes proporções (OKI, 2002).

O filósofo natural P. T. Bombastus von Hohenheim, conhecido como Paracelso (1493-1541) incorporou características do pensamento moderno em sua obra, rejeitando parcialmente algumas noções aristotélicas. Contudo, Paracelso também utilizou a noção de princípios em sua obra, defendendo que todos os corpos eram constituídos por quantidades distintas de três princípios: o enxofre, o mercúrio e o sal; responsáveis pela combustibilidade, pelo caráter ativo e pela solidez passiva dos materiais (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

O atomismo apenas retornou ao cenário intelectual da Europa no século XV, graças à redescoberta da obra *De Rerum Natura*, do filósofo romano Lucrécio. Tal retomada da

filosofia corpuscular foi importante para a constituição da visão de mundo mecanicista dos filósofos naturais Pierre Gassendi (1592-1655) e Robert Boyle (1627-1691). Baseados na alegoria de universo como uma máquina criada por um intelecto superior, os átomos eram interpretados como as engrenagens que permitiam o funcionamento desse mecanismo. Mas, apesar dessa aproximação com o pensamento cristão, os defensores da tradição aristotélica consideravam o atomismo demasiadamente materialista e até mesmo ateuista, por reduzir toda a realidade em termos de átomos e vácuo. Além disso, ideias aristotélicas como a interconversão dos quatro elementos fundamentava a transubstanciação da matéria, dogma de grande relevância na ortodoxia cristã (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Instrumentalistas e Antiatomistas no século XIX

John Dalton (1766-1844) foi o responsável por inserir o atomismo na Química através da hipótese de que os átomos seriam as unidades mínimas da matéria que participariam das reações químicas. Contudo, tal hipótese foi recebida com receios e restrições por dois motivos: Primeiramente, devido ao estatuto epistemológico dessa teoria, ou seja, sobre a possível utilidade do atomismo na resolução de problemas científicos. Em segundo lugar, devido ao estatuto ontológico dos átomos, isto é, sobre a sua real existência.

Essas questões geraram um espectro de opiniões diverso. Em total oposição aos atomistas, estavam aqueles que rejeitavam a existência e a utilidade da teoria atômica. Entre essas duas opiniões estavam os instrumentalistas, que negavam a existência dos átomos (ou preferiam não se posicionar sobre esse tema), mas que consideravam esta teoria cientificamente útil.

É importante salientar que esse contexto conflituoso possui justificativa filosófica: o pensamento científico seguiu uma tradição de filosofia que defendia a experimentação como principal meio de obtenção do conhecimento. Seguindo essa tradição, surge no século XIX o Positivismo, uma filosofia influente entre os cientistas que preconizava a superioridade do conhecimento oriundo da experimentação e a rejeição à metafísica, entendida aqui como conhecimento especulativo e sem fundamento empírico¹.

Devido à impossibilidade de serem observados direta ou indiretamente, a existência dos átomos era vista como uma discussão metafísica por muitos cientistas, defendendo que questões de natureza especulativa não deveriam fazer parte do trabalho científico. Essa posição era defendida por um número significativo de cientistas no século XIX, como apontam Bensaude-Vincent e Simon (2008). Assim, as dúvidas e recusas em relação ao atomismo no século XIX não estão relacionadas apenas com suas posturas metodológicas, mas também com aspectos filosóficos.

Posturas Céticas.

Um dos primeiros críticos ao atomismo químico foi o francês Louis Gay-Lussac (1778-1850), responsável por formular a lei de combinação volumétrica envolvendo reagentes gasosos. Gay-Lussac não acreditava que o uso dos átomos poderia ser útil para a Química, defendendo que esta ciência deveria investigar a matéria sensível, e não corpúsculos inobserváveis.

Semelhante ceticismo era compartilhado por outros membros importantes da cena científica, como os químicos franceses Jean-Baptiste Dumas (1800-1884) e Marcellin Berthelot (1827-

¹ O positivismo, assim como as filosofias empírico-indutivistas, contribuíram para importantes aspectos metodológicos e epistemológicos da atividade científica. Sobre a relação entre o positivismo e a controvérsia atômica, ver Pereira e Freire Jr. (2012).

1907). Dumas era defensor de uma abordagem empiricista na Química, considerando as grandezas mensuráveis e os fenômenos observáveis o objeto mais importante da Química. Tal posição não era compatível com o atomismo:

Químicos antigos e modernos tem uma coisa em comum: seu método. O que é esse método, tão antigo como a própria ciência, e que a caracteriza desde seus primórdios? É a total crença no testemunho dos sentidos; é uma crença sem limites na experiência; é a submissão cega ao poder dos fatos. Antigos ou modernos, os químicos querem ver com os olhos dos seus corpos físicos antes de empregar os da mente: eles querem fazer teorias a partir dos fatos e não procurar fatos para qualquer teoria preconcebida (DUMAS, 1837; apud BENSAUDE-VINCENT; SIMON, 2008)

Mas se os antiatomistas rejeitavam a ideia átomo para interpretar a constituição da matéria e as reações químicas, como os mesmos interpretavam as leis de combinação química? A resposta para essa pergunta é dada pela noção de *pesos equivalentes*.

A ideia de equivalentes surgiu no século XVIII, decorrente dos estudos estequiométricos. Os pesos equivalentes correspondiam às massas relativas de combinação das substâncias nas reações químicas. Assim, o Equivalentismo apresentava-se como uma forma de interpretar quantitativamente e macroscopicamente as reações químicas, usando simplesmente relações de massa entre reagentes e produtos (OKI, 2009, p. 1076).

Contudo, equivalentes e átomos foram, por vezes, utilizados como sinônimos, de modo que alguns viam a substituição de um termo pelo outro como um jogo de linguagem. Assim, eram as diferenças filosóficas e conceituais o principal ponto de controvérsia: enquanto os atomistas não viam problema em interpretar as reações químicas com o conceito de átomo, os equivalentistas rejeitavam o uso de inobserváveis e adotavam os pesos equivalentes².

Posturas Instrumentalistas

Químicos como o britânico Humphry Davy (1778-1829) e o alemão Friedrich A. Kekulé (1829-1896) adotaram uma postura instrumentalista. Davy acreditava que o atomismo consistia em uma ferramenta útil para entender do comportamento das substâncias químicas, mas considerava inadequado assumir uma postura realista frente a essas entidades devido à sua natureza especulativa (PURRINGTON, 1997). Kekulé, um dos organizadores do Congresso de Karlsruhe, também se opôs a fazer considerações ontológicas sobre os átomos, mas não negava a importância desse conceito para a Química:

A questão de saber se os átomos existem ou não tem pouca significância de um ponto de vista químico: é uma discussão muito própria da metafísica... Eu não hesito em dizer que, de um ponto de vista filosófico, eu não acredito na real existência de átomos, levando a palavra em seu significado literal de partículas indivisíveis... Como um químico, contudo, eu considero a hipótese de átomos, não apenas aconselhável, mas como totalmente necessária na química (KEKULÉ, 1870; apud BENSAUDE-VINCENT, 2003).

Segundo Nye (1984), a principal causa dos debates sobre o atomismo na segunda metade do século XIX era a utilidade desta teoria para a ciência. Nesse sentido, os instrumentalistas estavam ao lado dos atomistas, defendendo o uso dos átomos na Química.

Todavia, os instrumentalistas consideravam os átomos como ficções úteis, desconsiderando a

² O uso indiscriminado desses termos foi um dos motivos que levaram à realização do Congresso de Karlsruhe em 1860, onde foi discutida a diferenciação dos termos equivalente, átomo e molécula (NYE, 1984).

existência real dessas entidades. De qualquer modo, a adoção de uma postura instrumentalista por esses químicos foi importante para o desenvolvimento das teorias estruturais e para o surgimento do conceito de valência na Química Orgânica, assim como para o desenvolvimento da lei periódica pelo russo Dimitri Mendeleev (OKI, 2009; ROCKE, 2003; BENSUADE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Enquanto alguns adotavam uma postura instrumentalista frente aos átomos, outros, no entanto, rejeitavam sua utilidade e principalmente a sua existência. Para esses cientistas, cabem as palavras do físico George Foster: “a questão não é se a teoria atômica é útil ou inútil, mas se ela é verdadeira ou falsa” (FOSTER, 1869; apud NYE, 1984).

A Energética de Wilhelm Ostwald

As críticas e as dúvidas quanto a realidade e utilidade do atomismo fizeram com que muitos cientistas buscassem teorias e hipóteses alternativas para explicar os fenômenos, dentre as quais destacamos a Energética (também chamada de Energeticismo), um projeto científico antimecanicista que buscava reinterpretar e unificar as ciências em torno do conceito de energia e das leis que a descrevem (DELTETE, 2005).

Os energeticistas almejavam uma ciência fenomenológica, centrada nas relações de energia e livre dos constructos inobserváveis e imponderáveis que iam além da experimentação, tais como os átomos. Para eles, o conceito de energia e as leis que regeriam as transformações energéticas seriam suficientes para abordar os fenômenos químicos e substituir a teoria atômica, como afirma o químico energeticista Wilhelm Ostwald (1853-1932):

O que nós chamamos de matéria é apenas um complexo de energias que encontramos juntas em um mesmo lugar. Nós estamos ainda perfeitamente livres, se nós quisermos, para supor que ou a energia preenche o espaço homogeneamente, ou de uma forma periódica ou granulada. A última hipótese pode ser um substituto à hipótese atômica. A decisão entre essas possibilidades é uma questão puramente experimental (OSTWALD, 1904, p. 520).

O Energeticismo alcançou grande popularidade entre os cientistas do fim do século XIX, mas foi perdendo o fôlego lentamente, à medida que o projeto de unificação da ciência não se concretizava e o seu arcabouço teórico era atacado pelos seus opositores. Ostwald, reconhecidamente o maior defensor do Energeticismo, foi convencido quanto a utilidade da teoria atômica apenas em 1909, após as investigações de Joseph Thomson sobre raios catódicos que deram sustentação à teoria do elétron e aos trabalhos de Jean Perrin, que conseguiu determinar a constante da Avogadro experimentalmente, baseando-se nas teorias do movimento browniano e pressão osmótica (LOPES, 2009; CHAGAS, 2003).

Sinto-me agora convencido de que, recentemente, entramos em posse de provas experimentais da natureza descontínua ou granulada da matéria (...) O isolamento e a contagem de íons gasosos que por um lado, coroaram de êxito as longas e brilhantes pesquisas de J.J. Thomson, e, por outro, a concordância do movimento browniano com os requisitos da hipótese cinética, estabelecida por muitos investigadores e, de maneira mais conclusiva, por J. Perrin, justificaram que o mais cauteloso dos cientistas fale agora em comprovação experimental da natureza atômica da matéria (OSTWALD, 1909; apud HIEBERT, 2007; p.2084).

Considerações Finais

Apesar de a teoria atômica ser atualmente imprescindível para a prática científica, a História da Química nos mostra que o atomismo nem sempre foi considerado uma ideia plausível, como indicam os diversos questionamentos sobre a sua existência e utilidade científica.

Comentários relativos às controvérsias científicas no estabelecimento de teorias geralmente não são abordados pelos livros didáticos, que privilegiam uma narrativa linear e cumulativa do desenvolvimento da ciência na apresentação dos conteúdos, situação esta, que pode ser bem representada pela abordagem dada ao desenvolvimento da teoria atômica nos livros didáticos de Química. Todavia, consideramos que o ensino da Química tem muito a perder se negligenciar o papel das controvérsias científicas para a consolidação de conceitos e teorias.

Acreditamos que as considerações sobre o antiatomismo podem permitir aos estudantes perceberem que é por meio de dúvidas e conflitos entre pontos de vista distintos que a ciência se desenvolve. Esses debates também mostram como é difícil a aceitação de ideias que vão além dos nossos sentidos e como as mesmas são importantes para a ciência, contribuindo para minimizar imagens realistas ingênuas a respeito das entidades químicas. Essas questões possibilitam uma melhor compreensão de como a ciência é produzida, colaborando para o desenvolvimento de uma visão de natureza da ciência mais adequada pelos mesmos.

Para além das implicações para o Ensino de Química, é importante ressaltar que o poder explicativo do atomismo exige a sua aceitação como teoria válida na Química contemporânea, mas não exige uma superação ao instrumentalismo, como nos mostram, por exemplo, as diversas interpretações dadas ao modelo atômico quântico, que variam desde uma interpretação realista das entidades quânticas até a abordagem da Escola de Copenhague, onde os mesmos são tratados como ferramentas matemáticas e as questões ontológicas são deixadas em segundo plano no tratamento dos fenômenos (PESSOA JR., 2006).

Por fim, consideramos que, mesmo sendo tão importante para a ciência atual, a ideia de átomo, sua natureza e características permanecem tão controversas que se torna necessário apresentar aos estudantes uma visão alternativa, até porque uma das características mais importantes da ciência é a capacidade de criticar e duvidar.

Referências

- BENSAUDE-VINCENT, B. Languages in Chemistry. In: NYE, Mary Jo (ed.). **The Cambridge History of Science**. V. 5: The modern physical and mathematical sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 174-190.
- BENSAUDE-VINCENT, B. SIMON, J. **Chemistry - the impure science**. Londres: Imperial College Press. 2008.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.
- CHAGAS, A.P. Os Noventa Anos de Les Atomes. **Química Nova na Escola**. n.17, p. 36-38, 2003.
- CHAVES, L. M.M. P. et. al. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, 2014. p. 269-279.
- DELTETE, R.J. Energetics. In: HEILBRON, J. (ed.). **The Oxford guide to the History of Physics and Astronomy**. Nova York, Oxford University Press, 2005. p. 104-105.

HIEBERT, E. Ostwald, Wilhelm. In: BENJAMIN, C. (Ed.) **Dicionário de biografias científicas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

LOPES, C.V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica à introdução da teoria quântica. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2009.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**. v. 24, n. 1, 2007. p. 112-131.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-214, 1995.

NYE, M. J. **The Question of the Atom**: The History of Modern Physics 1800-1950. Los Angeles: Tomash, 1984.

OKI, M.C.M. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**. v.32, n.4, 2009, p. 1072-1082.

OKI, M.C.M. O conceito de elemento da Antiguidade à Modernidade. **Química Nova na Escola**. n.16, p. 21-25, 2002.

OSTWALD, W. **Elements and Compounds**. In: Faraday Lectures. Journal of Chemical Society, Londres, 1904. p. 506-522.

PEREIRA, L. S.; FREIRE JR. O. **As doutrinas positivistas de Auguste Comte e Ernst Mach: diferentes posturas em relação ao atomismo no século XIX**. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012, Salvador. Anais. Salvador, 2012. p. 1-12.

PESSOA JR. O. Mapa das interpretações da Teoria Quântica. In: MARTINS, R.; BOIDO, G.; RODRÍGUEZ, V. (Org.). **Física: estudos históricos e filosóficos**. Campinas, AFIHC, 2006.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, 2007. p. 141-156.

PURRINGTON, R. D. **Physics in the Nineteenth Century**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1997.

ROCHA, G. R. **História do Atomismo**: A construção e a desconstrução de uma imagem sintático-semântica do conhecimento científico. Dissertação (Mestrado em História). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

ROCKE, Alan J. The theory of chemical structure and its applications. In: NYE, Mary Jo (Ed.). **The Cambridge History of Science**. V. 5: The modern physical and mathematical sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 255-271.