



A HISTÓRIA DA TEORIA ATÔMICA: UMA ANÁLISE FLECKIANA DE DALTON A BOHR

Ehrick Eduardo Martins Melzer

Joanez Aparecida Aires

Resumo:

Este artigo apresenta uma síntese da história do desenvolvimento das Teorias Atômicas no período anterior e posterior à construção do laboratório de Cavendish, na Universidade de Cambridge na Inglaterra. Nosso objetivo é mostrar como o referencial teórico de Fleck é profícuo para uma abordagem externalista da ciência, uma vez que na construção dessas teorias, predominou o estilo de pensamento dos pesquisadores que tiveram seus estudos ligados de alguma forma àquele laboratório. Conclui-se argumentando sobre o quanto o conhecimento deste recorte pode contribuir para o entendimento a respeito da influência que os fatores externos exercem na construção da ciência.

Palavras-Chave: Ensino de Química; História e Filosofia da Ciência; Teoria Atômica

Introdução

Nas últimas décadas, a utilização da abordagem Histórico-filosófica da Ciência (HFC) vem sendo amplamente defendida na área de educação em ciências, por se considerar que esta é capaz de contribuir para uma melhor compreensão da ciência e da atividade científica como uma construção humana, bem como, dos fatores que influenciam sua construção (PEDUZZI, 2001; QUINTANILHA et al, 2008; MARQUES, 2010). Martorano e Marcondes (2012) também argumentam que um ensino com essa abordagem possibilita uma compreensão sobre:

(...) o processo de construção das teorias científicas pelos cientistas, o papel da comunidade científica na aceitação ou rejeição destas teorias e o processo da troca de uma teoria por outra (MARTORANO E MARCONDES, 2012, p. 30).

Muitos destes aspectos estão diretamente relacionados aos fatores externalistas da ciência, aqueles que correspondem às influências do contexto de construção da Ciência. De acordo com Martins (2000), o estudo do contexto social em que a ciência se desenvolveu é fundamental para desmistificar alguns mitos acerca dos cientistas e de seu trabalho. Todavia, há falta de abordagem desses fatores nos livros didáticos. Nesse sentido, Loguercio e Del Pino (2006) argumentam que, nas abordagens voltadas para o ensino de química, há uma



escassez de recursos históricos e, quando estes aparecem, dão ênfase aos fatores internos, aqueles intrínsecos à própria ciência. Nesses casos, apresentam comumente alguns fatos isolados da vida de determinados cientistas, alijados de uma discussão mais ampla, reforçando visões distorcidas sobre a ciência e o fazer científico.

Tendo em vista esta lacuna, e com o objetivo de demonstrar que, ao longo da construção das diferentes teorias atômicas, predominou um determinado *Estilo de Pensamento*, apresentamos a abordagem desses dados históricos a partir do referencial teórico epistemológico de Fleck (2010). Tal abordagem possibilita uma compreensão da ciência que contempla fatores externalistas como o contexto e as relações entre esses cientistas que contribuíram para a edificação de um *Estilo de Pensamento* daquele coletivo. Sangiogo e Marques (2012) corroboram esta percepção quando argumentam que, na abordagem fleckiana, “o conhecimento não pertence a um indivíduo, mas a um coletivo; trata-se de um produto social que na historicidade evolui” (p. 9).

Sendo assim, considerando a abordagem HFC, o presente artigo busca apresentar uma leitura da história do desenvolvimento da teoria atômica, tendo por base a compreensão de Fleck para explicar a influência do *Estilo de Pensamento* de determinada comunidade científica, na construção da teoria atômica, ao longo do recorte histórico de Dalton a Bohr.

Lembrando que, neste artigo, vamos focar a nossa análise na fase de transformação do *Estilo de Pensamento*, pois,

no recorte histórico, a que se refere este trabalho, a teoria atômica já estava consolidada e era, constantemente, estudada por pesquisadores contemporâneos e anteriores a John Dalton.

Ludwik Fleck como proposta para uma abordagem HFC no ensino de química

Fleck, na sua construção teórica, “A Gênese e o desenvolvimento de um fato científico” (FLECK, 2010) abordam como as teorias médicas surgiram a partir de fatos não científicos e se estabeleceram como ciência médica.

Na sua exposição, Fleck (2010), destaca algumas categorias da sua abordagem da ciência, tais como: *Protoideias*, *Fato*, *Estilos de Pensamento*, *Harmonia de Ilusões*, *Coletivos de Pensamento* e *Tráfego de Pensamentos*. As *Protoideias*, na epistemologia fleckiana, são o conjunto de proposições (ideias) que não tem base científica comprovada. O *Fato* é a etapa limítrofe entre a transformação de uma *Protoideia* em um *Estilo de Pensamento*. Segundo Fleck, a *Protoideia* é o que dá base à estruturação de um *Estilo de Pensamento*.

O *Estilo de Pensamento* é a teoria em que a comunidade científica se encontra em consenso, estruturada e aprofundada. Para Fleck (2010), é uma categoria complexa que pode se transformar através de novos fatos ou pode ser, completamente, substituída por outro *Estilo de Pensamento* mais completo. A *Harmonia de Ilusões* é uma categoria que mostra o poder de coerção coletiva dos pesquisadores dentro de um *Estilo de Pensamento*.

O *Coletivo de Pensamento*¹ é que define e estrutura os *Estilos de Pensamento*. É formado por duas estruturas: círculo exotérico e círculo esotérico². Dentro do *Coletivo de Pensamento* o círculo exotérico, mais periférico, recebe os *Estilos de Pensamento* pensados e estruturados pelo círculo esotérico.

No que se refere à *circulação intercoletiva e intracoletiva de pensamentos*, Fleck argumenta serem as comunicações externas e internas de um determinado *Coletivo de Pensamento*.

O desenvolvimento da teoria atômica na perspectiva fleckiana: a gênese e desenvolvimento do modelo atômico de Dalton a Bohr

A história da teoria atômica pode ser compreendida como a trajetória do desenvolvimento de um *Estilo de Pensamento* dentro de um *Coletivo de Pensamento*. Este coletivo, formado por pesquisadores da física experimental da

¹ Para Fleck (2010), o Coletivo de Pensamento é uma estrutura social, ou seja, são grupos sociais formados por pessoas que compartilham questões de estudo em comum e interagem coletivamente na construção/utilização do conhecimento científico.

² De acordo com Fleck (2010), os coletivos de pensamento são formados por duas estruturas: círculo esotérico, que é o núcleo duro do coletivo que pensa e desenvolve o Estilo de Pensamento, formado por pesquisadores na ponta do trabalho científico. Enquanto o círculo exotérico, é formado pelas pessoas que concordam e usam as ideias do coletivo, porém, não criam, mas recebem os Estilos de Pensamento criados.

Universidade de Cambridge (Inglaterra), era fortemente influenciado pela base teórica de Isaac Newton³.

Dalton, pesquisador nas áreas de matemática e meteorologia, desenvolveu uma proposta de modelo atômico baseada na *circulação intercoletiva* entre as bases conceituais do *Coletivo de Pensamento* inglês e o francês⁴, levando em conta os pressupostos de Bertholet. Vale lembrar que o fator social, que levou Dalton a estudar química, foi a necessidade de explicar fatores meteorológicos, bem como seu trabalho como professor no *Trinity College*. De acordo com Viana (2000) e Lobato (2007), tais fatores foram vitais para o seu contato com os escritos de química, influenciando sua visão sobre os eventos de nível atômico. Além de Newton e Bertholet, Dalton, também, foi influenciado pelos escritos de Ritcher, Lavoisier e Cavendish.

Para chegar à construção de seu modelo atômico, Dalton retomou alguns escritos de Newton, utilizando as questões 26 (*Principia*) e 31 (*Óptica*)⁵, buscando integrar estas ideias

³ Para fins teóricos de organização, chamaremos de Coletivo de Pensamento Inglês o grupo de pesquisadores anteriores e posteriores à criação do Laboratório Cavendish que se debruçaram no estudo da teoria atômica.

⁴ Aqui caracterizamos por Coletivo de Pensamento Francês os pesquisadores que deram as bases da teoria da afinidade na química, dentre estes destacamos Bertholet e Lavoisier.

⁵ As questões 26 e 31 dos dois tratados de Isaac Newton se referem à natureza atômica dos corpos. Na questão 26, presente no *Principia*, Newton faz uma explicação da lei de Boyle e propõe que a explicação residia na existência de pequenas partículas que J. Dalton interpreta como átomos. Na questão 31, presente no *Optica*, Newton faz uma explicação das partículas que constituíam todos os corpos na natureza (VIANA, 2000).



mecanicistas ao *Estilo de Pensamento* francês da afinidade química, culminando na sua proposta final publicada em 1810 (LOBATO, 2007; VIANA, 2000).

Aqui podemos compreender que Dalton, na elucidação de sua proposta de átomo, buscou com a tecnologia presente na época, desenvolver uma teoria atômica que juntou dois *Estilos de Pensamento* distintos para explicar os fenômenos de mudança de estados físicos na meteorologia. Essa junção levou à transformação do *Estilo de Pensamento* sobre o átomo. Anteriormente, dentro da proposta Newtoniana, o modelo atômico era compreendido somente como um corpúsculo que interagia com outros para formar todos os compostos presentes na natureza (leitura mecanicista). Dalton (1810) inova ao trazer para essa discussão alguns elementos da teoria da afinidade química, como o calor (*heat*) de atração e repulsão desses corpúsculos. Assim, o átomo de Dalton (1810) é uma transformação do *Estilo de Pensamento* Inglês, onde há um corpúsculo indivisível que é regido por energias de atração e repulsão.

Na linha histórica do *Estilo de Pensamento* sobre a teoria atômica, um fator externalista de vital importância, para a consolidação do *Coletivo de Pensamento* Inglês, reside, nos investimentos da Universidade de Cambridge, no estudo da física experimental. Tais investimentos resultaram na construção do Laboratório Cavendish (FITZPARTRICK e WHETHAM, 1910) que, naquela época, era o laboratório mais moderno, completo e com os melhores pesquisadores.

A construção deste laboratório, bem como sua reputação no meio científico, foi fator preponderante para o triunfo do *Coletivo de Pensamento* inglês sobre outras escolas de pensamento da época.

Em 1870, um pesquisador chamado Joseph John Thomson inicia seus estudos de engenharia no *Owens College*. Para Lopes (2009), as reflexões de Thomson sobre a teoria atômica, partem dos estudos de Lord Kelvin com girostatos e dos escritos de Dalton. Tais estudos lhe renderam uma indicação para integrar a cátedra de física experimental do laboratório Cavendish. Debruçando-se sobre os estudos em torno da eletricidade, o que não era explicado pelo modelo atômico proposto por Dalton⁶.

Com os recursos do Laboratório de Cavendish, Thomson avança em suas pesquisas publicando o artigo "*On the cathode rays*" em 1897. Neste artigo, dois fatores demonstram a força que o *Coletivo de Pensamento* inglês exercia na época. Na introdução, Thomson (1897) fundamenta seus estudos no embate teórico entre o *Coletivo de Pensamento* inglês com outros *Coletivos de Pensamento*, mostrando com dados experimentais que as teorias mecanicistas explicavam melhor os fenômenos elétricos. Outra questão que deixa claro o poder econômico de Cavendish foi a possibilidade de Thomson reproduzir experimentos com raios catódicos de Croocks, Perrin

⁶ Vale ressaltar que o motivador de Thomson era buscar a explicação dos fenômenos elétricos a nível atômico; uma anomalia que não era explicada pela teoria de J. Dalton.



e Hertz⁷. Em 1904, Thomson publica outro artigo apresentando a sua proposta para o átomo.

A proposta atômica de Thomson (1904) corresponde a uma transformação do *Estilo de Pensamento* vigente, tendo em vista a inserção de duas novas características: a divisibilidade e uma elucidação para a natureza elétrica. Para Thomson (1904), o átomo seria formado por um corpúsculo que abriga anéis coplanares com corpúsculos menores carregados eletricamente. Vale ressaltar, que ao final do artigo de 1904, busca-se desenvolver uma explicação para fenômenos da radioatividade.

Este momento da história do desenvolvimento da teoria atômica, com base na epistemologia de Fleck (2010), é marcado por duas características primordiais. A primeira reside no fato de que os estudos, em torno da eletricidade, em confluência com os trabalhos de Thomson (1904), estabeleceram um estado de ciência clássica para o modelo atômico. O segundo fator reside no fato da resistência do *Coletivo de Pensamento* inglês em receber pesquisadores estrangeiros ao círculo esotérico deste grupo.

Um dado que corrobora essa interpretação é a recepção dos pesquisadores de Cambridge ao trabalho de Hantaro Nagaoka. De acordo com Conn e Turner (1965), Hantaro Nagaoka é um físico japonês que viaja pela Europa com o apoio do governo japonês para buscar conhecimento teórico que

favoreça o desenvolvimento do Japão, que, algumas décadas antes, havia se aberto para o mundo. Em contato com trabalhos científicos de física ocidental, Nagaoka propõe um modelo atômico baseado no artigo de Maxwell sobre os anéis de Saturno.

Podemos observar que, neste momento, Nagaoka faz uma *circulação intercoletiva* de pensamentos usando uma base teórica macro para analisar eventos de ordem micro. Este modelo atômico ficou conhecido como o Modelo Saturniano. De acordo com Lopes (2009), seria o primeiro modelo atômico a levar em conta que o átomo teria um núcleo e seria rodeado por corpúsculos carregados.

Porém, esta proposta foi fortemente combatida pelos físicos de Cambridge, especialmente por George Adolphus Schott, apresentando as fragilidades de estabilidade através de cálculos das velocidades de órbitas das cargas, mostrando a inconsistência teórica desta proposta frente ao modelo atômico proposto por Thomson.

Posteriormente, chega a Cavendish o pesquisador Neozelandês Ernest Rutherford, que começa seus estudos sobre a radioatividade em Cambridge, orientado por Thomson. Em 1898, Rutherford, decide migrar para a Universidade de McGill, no Canadá, devido ao financiamento de grandes empresas nos estudos sobre radioatividade. Esta mudança e a parceria com Zimmerman rendeu à equipe dois prêmios Nobel pelos estudos em radioatividade (LOPES, 2009).

⁷ Aqui podemos compreender o poder econômico de Cavendish, pois, na época, o laboratório contava com uma equipe de técnicos à disposição dos pesquisadores para desenvolver aparatos científicos e vidrarias específicas.



Com o apoio de Thomson, Rutherford retorna a Cambridge desenvolvendo estudos sobre a natureza radioativa das partículas alfa, beta e gama orientando uma equipe formada pelos pesquisadores: Marsden, Geiger, Darwin, Royds, Crowther e Bohr. Durante os trabalhos experimentais da equipe, Rutherford, através dos ângulos de deflexão de partículas radioativas em elementos variados, verificou que o modelo atômico de Thomson não dava conta de explicar certos eventos relativos ao campo da radioatividade⁸, sugerindo uma transformação no *Estilo de Pensamento*, uma vez que o átomo de Thomson seria dotado de um núcleo denso e carregado (RUTHERFORD, 1911), exatamente como Hantaro Nagaoka havia previsto anos antes. No entanto, estes dados foram completamente desconsiderados pelo coletivo de Cavendish e a teoria de Thomson continuou vigente para explicação dos fenômenos de ordem atômica.

Neste episódio, temos um exemplo da ação da coerção coletiva, no pensamento do pesquisador, causado pelo que Fleck (2010) compreende como Harmonia de Ilusões. Esta harmonia “cegou” o coletivo para a possibilidade de o átomo ser dotado de um núcleo. De acordo com Lopes (2009), somente em 1913 o Coletivo de Pensamento inglês aceita a proposição de um núcleo carregado e denso para o átomo, a partir da trilogia de

⁸ Aqui temos mais um exemplo de anomalia que surgiu dentro de um estudo específico do átomo, porém, na época esta anomalia não constituiu fato científico para uma transformação do Estilo de Pensamento do átomo de Thomson.

artigos publicados por Bohr (1913a, 1913b e 1913c)⁹. Lembrando que o trabalho de Bohr rompeu com a Harmonia de Ilusões que estava posta ao coletivo de físicos da época abrindo a possibilidade de uma mudança no Estilo de Pensamento passando da física clássica para a física quântica.

Considerações Finais

Neste artigo, tivemos por objetivo mostrar como o referencial teórico de Fleck é profícuo para uma abordagem externalista da ciência, que, neste caso, consistiu na influência de determinado *Estilo de Pensamento* na construção das teorias atômicas.

Dessa forma, corroboramos nossa argumentação inicial, quando consideramos que a abordagem HFC é capaz de contribuir para uma melhor compreensão desta e da atividade científica sendo, portanto, um importante instrumento teórico metodológico para as aulas de ciências. Nesse sentido, confirmamos a argumentação de Martorano e Marcondes (2012) sobre a necessidade do desenvolvimento de cursos de formação inicial e continuada de professores de ciências/química com elementos históricos e para o estudo de diferentes abordagens epistemológicas da ciência, dentre as quais destacamos, neste artigo, a abordagem de Fleck (2010).

⁹ Lopes (2009) destaca que outro pesquisador esquecido, no desenvolvimento da teoria atômica, é o Nicholson que desenvolveu uma teoria atômica embasada na Astrofísica. Bohr (1913a) cita Nicholson na sua proposição para o átomo. Porém, a comunidade desconsidera a proposta atômica pelo mesmo fator que Hantaro Nagaoka foi desconsiderado devido ao não pertencimento ao círculo esotérico do *Coletivo de Pensamento* inglês.

Referências

BOHR, N. On the constitution of atoms and molecules. **Philosophical Magazine**, s. 6, v. 26, n. 151, p. 2-25, Jul. 1913a.

BOHR, N. Systems containing only a single nucleus. Part II. **Philosophical Magazine**, s. 6, v. 26, p. 476 - 502, Sep. 1913b.

BOHR, N. Systems containing a multiples nucleus. Part III. **Philosophical Magazine**, s. 6, v. 26, p. 171 - 197, Nov. 1913c.

CONN, G. K. T.; TURNER, H. D. **The evolution of the nuclear atom**. Londres: Iliffe Books, 1965.

FITZPARTRICK, T. C.; WHETHAM, W. C. D. The building of the laboratory. In: **A History of Cavendish Laboratory (1871 - 1910)**. Londres: Longmans; Green, 1910.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

LOBATO, C. B. **Misturas e combinações químicas**: estudos e explicações atômicas de John Dalton (1766 - 1844). Dissertação (Mestrado) - PUC-SP, São Paulo, 2007.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX**: da física clássica a introdução a física quântica. Tese (Doutorado) - PUC-SP, São Paulo, 2009.

LOGUERCIO, R.; DEL PINO, J. C. Contribuições da história e filosofia das ciências para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **ACTASCIENTIAE**, Canoas, v. 8, n. 1, p. 67 - 77, jan./jul. 2006.

MARQUES, D. M. Dificuldades e possibilidades da utilização da história da ciência no ensino de química: um estudo de caso com professores em formação inicial. Tese (Doutorado) - UNESP, Bauru, 2010.

MARTINS, R. A. Que tipo de História da ciência esperamos ter nas próximas décadas? *Episteme*, Porto Alegre, n. 10, p. 39-56, jan./jun. 2000.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química. **História Ciência e Ensino**, v. 6, p. 16-31, 2012.

MATTHEWS, M. R. Historia, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

PEDUZZI, L. O. Q. O uso da História da Ciência no ensino: considerações e críticas. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora. Santa Catarina: Editora da UFSC, 2001. Cap.7: p.151-170.

QUINTANILLA, M.; CUÉLLAR, L.; CAMACHO, J. La historia del átomo en los libros de texto didáctica de una propuesta de innovación construida desde una visión naturalizada de la ciencia. **Nova Época**, v. 1, n. 2, p. 97 – 107, 2008.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom. **Philosophical Magazine**, s. 6, v. 21, n. 125, p. 669 – 688, Feb. 1911.

SANGIOGO, F. A.; MARQUES, C. A. Potencialidades da abordagem psico-sócio-histórico-cultural da epistemologia de Fleck aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012.

THOMSON, J. J. Cathode rays. **Philosophical Magazine**, v.15, p. 25 – 29, Oct. 1897.

THOMSON, J. J. XXIV. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **Philosophical Magazine**, s. 6, v. 7, n. 39, p. 238 – 265, March 1904.

VIANA, Hélio E. B. **A Construção Atômica da Teoria de Dalton como Estudo de Caso e algumas reflexões para o ensino de química**. Dissertação (Mestrado) - USP. Faculdade de Educação, São Paulo, 2007.

Sobre os autores

Ehrick Eduardo Martins Melzer

Possui graduação em Química: Licenciatura pela Universidade Federal do Paraná (2010) e mestrado em EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA (PPGECM) pela Universidade Federal do Paraná (2012). Leciona em colégios particulares (EQUIPE E PASSIONISTA) e tem experiência em pesquisas no ensino de química e transposição didática.

E-mail: ehrickmelzer@yahoo.com.br

Joanez Aparecida Aires

Graduada em Química, Mestre em Educação, Doutora em Educação Científica e Tecnológica - UFSC. Professora Adjunta no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Paraná. Credenciada no PPGECM/ UFPR e no PPGET/UFSC. Pesquisa nas áreas de História e Filosofia da Ciência, História da Disciplina Escolar Química, Ensino de Química e Formação de Professores de Química.

E-mail: joanez@ufpr.br



The history of the atom theory: A Fleckian analysis from Dalton until Bohr

Abstract:

This article presents an overview of the history of the development the Atomic Theory in the period before and after the construction of the Cavendish's Laboratory at the University of Cambridge in England. Our goal is to show how Fleck theoretical framework is fruitful to an externalist approach of science, as in the construction of these theories, the predominant style of thinking was that of the researchers who had their studies linked in some way to that lab. It concludes arguing about the extent to which knowledge of this framing can contribute to the understanding of the influence that external factors have on the construction of science.

Keywords: Chemistry Teaching; History and Philosophy of Science; Atomic Theory