

## MODELOS ATÔMICOS DALTON E THOMSON NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO PNLD 2018-2020: UM ESTUDO HISTÓRICO-CONCEITUAL

“Há algo mais belo que as mais belas descobertas, é o conhecimento da maneira pela qual são feitas” Leibniz.

Davi Souza Ferreira<sup>1</sup>, Álvaro Itaúna Schalcher Pereira<sup>2</sup>, Jaldyr de Jesus Gomes Varela Júnior<sup>3</sup>, Adilson Luís Pereira Silva<sup>4</sup>

### RESUMO

A abordagem de modelos atômicos em Livros Didáticos de Química (LDQ) pode gerar incompreensões tanto conceituais quanto históricas, pois na maioria dos LDQ's analisados há seleções de ocorrências históricas nas quais as conexões necessárias para justificar a discussão dos modelos atômicos não são claras, resultando em uma ideia de que o progresso da Ciência dar-se-ia de forma linear e acumulativa. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise da abordagem histórico-conceitual dos modelos atômicos de Dalton e Thomson nos LDQ's aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD 2018-2020). A partir da análise, observou-se que muitas informações foram omitidas, algumas mal explicadas e outras apresentadas de forma errônea. A maioria dos autores dos LDQ trabalhou o conteúdo dos modelos atômicos em uma sequência cronológica clássica. No entanto, em um livro, o LDQ6, em particular, abordou-se a História da Química de forma mais contextualizada. Por fim, concluiu-se que a inserção de episódios históricos, a partir de informações de referências primárias e secundárias, poderá contribuir para um aprendizado mais significativo e contextualizado sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson.

**Palavras-chave:** Dalton, História da Química, LDQ, Thomson.

---

<sup>1</sup> Mestrando em Química pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA). Graduado em Química Licenciatura pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: [davisouzaferreira@gmail.com](mailto:davisouzaferreira@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA). E-mail: [alvaro.pereira@ifma.edu.br](mailto:alvaro.pereira@ifma.edu.br)

<sup>3</sup> Doutor em Físico-Química pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSc-USP). Professor do Colégio Universitário (COLUN) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: [jaldyr.varela@ufma.br](mailto:jaldyr.varela@ufma.br)

<sup>4</sup> Doutorando em Química e Mestre em Química pela Universidade Federal do Maranhão. Professor do Departamento de Química (DQM) da Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: [adlpsilva@gmail.com](mailto:adlpsilva@gmail.com)

## DALTON'S AND THOMSON'S ATOMIC MODELS IN THE CHEMISTRY TEXTBOOKS OF THE PNLD 2018-2020: A HISTORICAL-CONCEPTUAL STUDY

### ABSTRACT

The approach of atomic models in Chemistry Textbooks (LDQ) can generate both conceptual and historical misunderstandings, since in most of the analyzed LDQ there are selections of historical occurrences in which the necessary connections to justify the discussion of atomic models are not clear, resulting in an idea that the progress of science would take place in a linear and cumulative way. In this sense, the objective of this work was to carry out an analysis of the historical-conceptual approach of the Dalton's and Thomson's atomic models in the LDQ approved in the National Textbook Plan (PNLD 2018-2020). From the analysis, it was observed that much information was omitted, some poorly explained and others presented erroneously. Most LDQ authors worked on the content of atomic models in a classical chronological sequence. However, one book, LDQ6, in particular, approached the History of Chemistry in a more contextualized way. Finally, it is concluded that the insertion of historical episodes, based on information from primary and secondary references, can contribute to a more meaningful and contextualized learning about the Dalton's and Thomson's atomic models.

**Keywords:** Dalton, History of Chemistry, LDQ, Thomson.

### INTRODUÇÃO

A maioria dos conteúdos de Química estudados no Ensino Médio exige elevada capacidade de abstração por parte dos alunos, visto que esses assuntos são referentes ao que ocorre em nível microscópico (ou teórico-conceitual), fugindo da realidade dos mesmos, pois estão habituados a compreender os acontecimentos na esfera macroscópica (ou fenomenológica), limitando-se somente à experimentação visível (CHASSOT, 1996). E, na tentativa de explicar aquilo que está além do campo de visão, faz-se necessário criarmos modelos que são ferramentas fundamentais de que dispomos para compreendermos o mundo cujo acesso real é muito difícil.

Quando se busca explicar e prever o comportamento macroscópico da matéria, faz-se o uso dos modelos atômicos. Modelos estes que são criações científicas apoiadas em experimentos, simulações e cálculos matemáticos usados para compreender e

explicar os fenômenos. No Ensino Médio, a previsão do estudo das “noções básicas de átomo” consta no Documento Curricular do Território Maranhense (MARANHÃO, 2022, p. 74), que está de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). No entanto, a partir dos trabalhos de Maskill e Jesus (1997) e Melo (2002), observa-se que existe uma concepção inadequada sobre modelos em sala de aula, e, ainda de acordo com Melo (2002), apenas 18% dos professores concebem o átomo como uma criação científica.

Melo e Neto (2013) destacam que a abordagem sobre modelos atômicos nos livros didáticos pode gerar incompreensões, sendo este um fator que influencia na dificuldade de entendimento desses modelos tanto por parte dos professores (MELO, 2002) quanto por parte dos estudantes (MORTIMER, 1996). Dentre as problemáticas que cercam o tema, destaca-se a apresentação de alguns modelos seguindo uma ordem cronológica e padronizada, sem destacar as contradições científicas acerca da evolução dos modelos, como proposto na nova historiografia da Ciências (MATTHEWS, 1995; ALLCHIN, 2004). Além disso, a seleção de ocorrências históricas com o intuito de uma mera ilustração histórica tem como consequência a noção de que um modelo substitui o outro, indicando que o modelo anterior é pior, ou menos completo, que o posterior.

Santos e Fernandes (2020) expuseram que o uso inadequado da analogia do “pudim de passas” para representar o modelo de Thomson dificulta a compreensão correta do modelo por parte de estudantes e professores. Chaves, Santos e Carneiro (2014) analisando os modelos atômicos nos Livros Didáticos de Química (LDQ) identificaram que os autores dos LDQ apresentaram uma visão deformada da natureza da atividade científica (CACHAPUZ *et al.*, 2005). Por fim, sugeriram que, a partir da análise, foi possível demonstrar a necessidade do desenvolvimento de mais estudos sobre a inclusão da História da Ciência nos LDQ.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise na abordagem Histórica-conceitual do tema modelos atômicos de Dalton e Thomson nos LDQ aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD 2018-2020).

## HISTÓRIA DA QUÍMICA NO ENSINO DE QUÍMICA

Inicialmente cumpre destacar que, para Santos e Maldaner (2011), ensinar Química no Ensino Médio significa:

[...] instrumentalizar os cidadãos brasileiros com conhecimentos químicos para que tenham uma inserção participativa no processo de construção de uma sociedade científica e tecnológica comprometida com a justiça e a igualdade social. Isso exige uma seleção rigorosa de conteúdos, desenvolvimento de processos de mediação que propiciem o desenvolvimento cognitivo para aprendizagem de ferramentas culturais para a participação efetiva na sociedade e, sobretudo, o desenvolvimento de valores comprometidos com a sociedade brasileira. (SANTOS; MALDANER, 2011, p. 14).

Compartilhando dessa perspectiva de ensino, Vidal e Porto (2012, p. 293) entendem “que a história da ciência pode contribuir para esse processo – ou pode, ao contrário, contribuir para gerar visões distorcidas da ciência, dependendo da forma como for abordada”. A esse respeito, Chassot (2003) sugere que a inserção da História da Química (HQ) se reveste de um papel essencial para que o aluno desenvolva uma visão abrangente da Química em uma perspectiva de alfabetização científica. Porto (2011) aponta que, no Brasil, há recomendações legais para a inclusão de História da Ciências (HC) no ensino de Química desde a Reforma Francisco Campos de 1931. Nesse sentido para Chaves, Santos e Carneiro (2014), um ensino que apresente a HC como um caminho de acesso ao empreendimento social do conhecimento científico sobre as teorias científicas pode contribuir para a reconstrução do conteúdo de determinado campo da ciência, além de expressar o valor cultural e prático do conhecimento para a sociedade da época em suas influências políticas, religiosas, ideológicas, dentre outras. A esse respeito, já em 1995, Matthews apontava que a HC pode contribuir para:

[...] humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem

contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Por outro lado, Vidal e Porto (2012), analisando o tratamento dado à HQ em seis LDQ do PNLD 2007, observaram que a maioria dos livros aborda a HQ de forma simplista e superficial, não contribuindo para que os alunos desenvolvam uma imagem do empreendimento científico condizente e atualizado em termos historiográficos. Ainda autores como Chaves, Santos e Carneiro (2014), Leite e Porto (2015) e Silva *et al.* (2021) analisando a abordagem histórica em LDQ, concluíram que os textos históricos têm contribuído com o desenvolvimento de concepções inadequadas de Ciência, já consideradas por Cachapuz *et al.* (2005), como, por exemplo, dogmática, acumulativa, anistórica, construída de forma linear e individualista. Portanto, entende-se que apresentar apenas a informação final não dá a visão da Ciência como empreendimento humano: é preciso, pois, apresentar seu longo, complexo e dinâmico caminho de desenvolvimento.

## PERCURSO METODOLÓGICO

Realizou-se uma pesquisa documental de natureza qualitativa, com o objetivo de desvendar “aspectos novos de um tema ou problema” (LÜDKE, ANDRÉ, 2018, p. 45). Desse modo, a investigação consistiu-se em uma análise, do ponto de vista histórico-conceitual, da temática atomística encontrada nos capítulos dos Livros de Didáticos de Química (LDQ) aprovados no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD 2018-2020), conforme apresentado no Quad. 1.

Nesse sentido, o desenho metodológico deste estudo é apoiado nos trabalhos de Leite (2002), Oki (2002), Porto (2011) e Silva *et al.* (2021). Leite (2002) propõe a criação de categorias de análise para propiciar a comparação entre os diferentes LDQ e os

diferentes períodos históricos envolvidos. Oki (2002) sugeriu a possibilidade de se utilizar a História da Química a partir de uma análise criteriosa da evolução histórica, incluindo a gênese dos conceitos, comparando os avanços e os embates ao longo do tempo. Porto (2011) propõe estudos de caso, em que se devem analisar, com certa profundidade, os episódios bem delimitados em História da Química, superando a mera ilustração histórica do conteúdo, por exemplo, citando apenas datas, nomes do(s) químico(s) envolvido(s), ou curiosidade sobre sua vida pessoal.

Silva *et al.* (2021) propuseram uma análise histórico-conceitual, que considera o ponto de vista histórico com as contribuições dos personagens históricos envolvidos (filósofos, pensadores e cientistas), apresentando o contexto das ideias, problemas surgidos na época, os fatores e debates que ensejaram o abandono ou a aceitação dos modelos explicativos, bem como o ponto de vista conceitual, com a análise da adequação confrontando os conceitos apresentados nos LDQ e nas referências primárias relacionadas ao assunto estudado, que em nosso caso serão os trabalhos de Dalton, Thomson e de outros cientistas relacionados ao desenvolvimento dos modelos atômicos como, por exemplo, Newton, Boyle, Lord Kelvin, Stoney e Nagaoka.

**Quadro 1** - Livros Didáticos de Química do PNLD 2018-2020.

LDQ1	FONSECA, M. R. M. <b>Química</b> , v. 1. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.
LDQ2	MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. <b>Química</b> , v. 1. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2013.
LDQ3	LISBOA, J. S. F. <i>et al.</i> <b>Ser protagonista: química</b> , v. 1. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
LDQ4	NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T. <b>Vivá: Química</b> , v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.
LDQ5	CISCATO, C. A. M. <i>et al.</i> <b>Química</b> , v. 1. São Paulo: Moderna, 2016.
LDQ6	SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (Coords.). <b>Química cidadã</b> , v. 1. 3. ed. São Paulo: Editora AJS, 2016.

Fonte: autores, 2022.

Por fim, a coleta de dados iniciou-se pela leitura minuciosa das resenhas dos seis LDQ's aprovados no âmbito do PNLD 2018-2020, visando verificar se os avaliadores conseguiram informar aos professores do Ensino Médio (leitores do guia) se os autores dos livros aprovados utilizaram de alguma abordagem histórica em suas obras. Além disso, foram analisados os personagens (filósofos, pensadores e cientistas)

citados, as analogias utilizadas, a construção teórica do modelo e os principais fatos históricos relacionados aos modelos atômicos de Dalton e Thomson e foram comparados com as referências primárias (originais) e secundárias, em conformidade com as novas proposições historiográficas da Ciência (MATTHEWS, 1995; ALLCHIN, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão foi dividida nas subseções: *i)* História da Química no guia do PNLD; *ii)* Modelo de Dalton ; *iii)* Modelo de Thomson. Sendo que na primeira subseção abordou-se a avaliação histórica das obras analisadas. Já nas duas últimas subseções abordaram-se os personagens (filósofos, pensadores e cientistas), as analogias utilizadas, a construção teórica do modelo e os principais fatos históricos relatados em cada LDQ, bem como o confronto com as referências primárias dos próprios cientistas envolvidos e complementadas por referências secundárias sobre o assunto em tela.

### HISTÓRIA DA QUÍMICA NO GUIA DO PNLD

Na primeira etapa realizou-se a análise das resenhas dos seis livros de Química aprovados presentes no Guia de Livros Didáticos do PNLD 2018-2020 (BRASIL, 2017). Esse diagnóstico serviu como parâmetro inicial de análise da parte histórico-conceitual, visto que o Guia é um dos principais instrumentos para a escolha dos LDQ pelos professores do Ensino Médio das escolas da rede pública brasileira.

A partir da leitura minuciosa das resenhas, observou-se que em todas as obras os avaliadores do Ministério da Educação (MEC) afirmaram possuir alguma abordagem histórica. A seguir apresentam-se, por exemplo, alguns excertos que comprovam essa afirmação:

Com relação ao conhecimento químico, a obra se preocupa em dispor os conceitos tomando-se em consideração o seu desenvolvimento histórico, assim como o caráter provisório e dinâmico dos modelos

mobilizados para o estudo dos fenômenos. (BRASIL, 2017, p. 28).  
[...] Por exemplo, a obra, no momento de trazer aportes históricos para estudar as relações ponderais, coloca em pauta os experimentos de Lavoisier e os contrapontos às ideias de Van Helmont, Becher e Stahl. **Ao propor discussão sobre esses contrapontos, enfatiza o contexto histórico da produção do conhecimento químico**, bem como algumas limitações das ideias lavoisierianas. (BRASIL, 2017, p. 43, grifo nosso). Por sua vez, a seção História da Ciência disponibiliza textos sobre a origem de ideias e de conceitos, os aspectos biográficos de alguns cientistas, bem como a **influência de fatos históricos no desenvolvimento da Química**. (BRASIL, 2017, p. 47, grifo nosso).

E, por fim, destaca-se que a História da Química está presente no bloco de análise “Coerência da obra com o conhecimento químico”, presente no Guia dos Livros de Química no item intitulado “apresenta a **Química como ciência de natureza humana marcada pelo caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo**, por meio da exposição de suas diferentes possibilidades de aplicação.” (BRASIL, 2017, p. 17, grifo nosso). Além disso, destaca-se, também, que a previsão do uso da História da Ciência está de acordo com uma competência específica da área de Ciências da Natureza da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que se relaciona a “Compreender as Ciências da Natureza como **empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico**” (BRASIL, 2018, p. 324, grifo nosso). Assim, nas próximas subseções apresentar-se-á a análise histórico-conceitual dos capítulos referentes aos modelos atômicos apresentados nos LDQ.

## MODELO DE DALTON

Inicialmente, para tratarmos sobre o modelo de Dalton, destaca-se um exemplo utilizado por Kuhn (2007) para ilustrar os seus conceitos presentes no livro intitulado “A Estrutura das Revoluções Científicas”, segundo ele, um exemplo completo de revolução científica, foi o trabalho de Dalton contido na primeira parte do seu livro “*A New System of Chemical Philosophy*”, publicado em maio de 1808. A esse respeito, Oki (2004) pontua que a visão de mundo introduzida por Dalton no início do século XIX pressupunha uma maneira diferente de se compreender as reações químicas, com a qual “os cientistas nunca haviam sonhado antes” (KUHN, 2007, p. 173). Além disso,

ressalte-se que Dalton, com a determinação dos pesos atômicos, conseguiu conferir à Química o *status* de ciência exata.

A análise dos LDQ's mostrou que todas as obras seguem a mesma linha de pensamento no que diz respeito a relacionar o átomo como sendo esférico, indivisível e indestrutível. Além disso, relacionaram a matéria como sendo formada por átomos, conforme a proposição atômica de Dalton (1808). Uma foto representativa das esferas utilizadas por Dalton, para demonstrar sua teoria atômica, pode ser encontrada no artigo de Ball (2016). Por outro lado, os autores do LDQ4 e do LDQ6 estipulam um período de tempo maior para a formulação do modelo (de 1803 a 1827). A esse respeito, Viana (2007) afirma que: *i*) a origem da teoria atômica de Dalton é muito controversa, principalmente em virtude da maneira não cronológica como as reflexões sobre o processo de construção da teoria foram apresentadas; *ii*) os historiadores da ciência têm dificuldade para buscar a origem da teoria atômica daltoniana, pois aproximadamente 75% dos trabalhos de Dalton depositados na *Literary and Philosophical Society* em Manchester foram destruídos durante a Segunda Guerra Mundial. Já para Filgueiras (2004) a sequência cronológica para o desenvolvimento da obra de Dalton foi iniciada em 1801 com a lei das pressões parciais e finalizada em 1827 com a publicação da terceira - e derradeira - parte de "*A New System of Chemical Philosophy*", com as reformulações necessárias do modelo proposto.

Nesse sentido, acreditamos que os autores dos LDQ4's e LDQ6's devem ter estipulado um período de tempo maior que os autores dos outros LDQ's, pois consideraram também as outras duas partes do livro de Dalton, que foram publicadas em 1810 (segunda parte) e em 1827 (terceira parte), não se limitando apenas às datas de 1803 (primeira tabela de pesos atômicos) e 1808 (publicação da primeira parte do livro "*A New System of Chemical Philosophy*").

Outro ponto de destaque refere-se ao fato de que em todos os LDQ são apresentadas suposições e/ou influências sobre o que levou Dalton a trabalhar em sua pesquisa, ou seja: os autores dos LDQ's dão importância para mostrar que a pesquisa científica não é uma criação *ex nihilo*, mas, sim, uma possibilidade de resolver problemas reais. No entanto, nota-se que cada um dos livros difere nessa questão,

como exposto a seguir em três excertos diferentes.

Em 1803, o químico inglês John Dalton (1766-1844) desenvolveu uma teoria sobre a estrutura da matéria retomando a antiga ideia de átomo (partícula indivisível) imaginada pelos filósofos gregos Demócrito e Leucipo, por volta de 450 a.C. (matéria descontínua). (LDQ1, p. 89).

[...] Dalton, porém, foi influenciado pela grande repercussão do trabalho de **Newton**, que teve muito sucesso em sua proposta de utilizar a Matemática para descrever a natureza, especialmente os fenômenos estudados pela Mecânica e pela astronomia. Inspirado pelas ideias de **Newton**, **Dalton desenvolveu uma forma de quantificar as massas relativas dos átomos - uma ideia até então inédita**. (LDQ5, p. 84, grifo nosso).

Não se sabe, exatamente, como Dalton desenvolveu sua teoria e tem até quem considere que ela foi resultante mais de ideias intuitivas do seu autor, do que de deduções rigorosas. **Há historiadores que demonstram que Dalton tomou como referência os estudos de gases do químico inglês William Henry [1774-1836]**, com o qual Dalton trabalhou em investigações de solubilidade de gases em água. (LDQ6, p. 150, grifo nosso).

Observa-se que para os autores do LDQ1 a principal influência foi dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, por intermédio da suposição do átomo como uma partícula indivisível. Já os autores do LDQ5 optaram por mostrar a influência de Newton, com seu rigor matemático na descrição dos fenômenos da natureza, o que ajudou Dalton no desenvolvimento de uma ideia inédita para a época - cálculos das massas relativas dos átomos -, dando um caráter quantitativo para o modelo de Dalton, isto é, o modelo não seria apenas hipotético (VIANA; PORTO, 2007). Por outro lado, os autores do LDQ6 nos colocam ao mesmo tempo uma dúvida sobre o que foi mais importante no modelo de Dalton (as ideias intuitivas ou rigor nas deduções?) e uma certeza sobre a influência exercida pelos trabalhos de William Henry, que versavam sobre o estudo dos gases. Desse modo, parece-nos razoável admitir que as contribuições relatadas nos LDQ's podem ser complementadas, com intuito de contar uma história mais completa, menos fragmentada e superando a mera ilustração histórica do conteúdo, por exemplo, com nomes de cientistas e datas importantes.

Nesse sentido, no Quad. 2, apresenta-se uma lista de personagens citados pelos autores dos LDQ's para uma melhor contextualização histórica; outrossim em comum aparecem os nomes dos filósofos Demócrito e Leucipo. Além disso, convém lembrar

ao leitor que a noção de que outros personagens participaram do conteúdo apresentado contribui para a superação de uma visão deformada de ciências, que prevê a Ciência como elitista, individualista e feita por gênios (CACHAPUZ *et al.*, 2005). Inclusive, com relação à influência dos filósofos que antecederam o modelo de Dalton, apenas a autora do LDQ 1 não mostrou a diferença de entendimento acerca da natureza da matéria, o que em nosso entendimento enriqueceria a discussão histórica com correntes divergentes, como exposto nos demais LDQ's, em que Aristóteles imaginava a matéria sendo contínua (sem espaços vazios) e que os mínimos naturais (as menores partículas, que não são átomos) seriam “grãos de matéria, que exibiriam todas as suas propriedades – poderiam se dilatar, fundir-se, etc” (LDQ2, p. 152). Por outro lado, a corrente de Demócrito e Leucipo defendia “matéria seria constituída por átomos [...] e espaços vazios” (LDQ2, p. 152).

**Quadro 2** - Principais personagens citados nos LDQ analisados.

LDQ1	Demócrito, Leucipo, Lavoisier, Proust, Gay-Lussac e Avogadro
LDQ2	Demócrito, Leucipo, Epicuro, Aristóteles, Newton e Boyle
LDQ3	Demócrito, Leucipo, Aristóteles, Avogadro, Berzelius e Humphry Davy
LDQ4	Demócrito, Leucipo, Aristóteles, Lavoisier, Proust e Boyle
LDQ5	Demócrito, Leucipo, Epicuro, Lucrécio, Abdera, Empédocles, Aristóteles, Descartes, Newton e Boyle
LDQ6	Demócrito, Leucipo, Epicuro, Tales de Mileto, Anaxímenes, Heráclito, Empédocles, Aristóteles, Gassendi, Descartes, Newton, Boyle e Higgins

Fonte: autores, 2022.

A respeito dessas correntes contrárias sobre o entendimento da natureza da matéria, Mortimer (1995, p. 24) mostrou que estudantes brasileiros ainda concebem a natureza da matéria a partir de noções do ele chamou de 'atomismo substancialista', “uma vez que propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, são atribuídas aos átomos e moléculas” e que apresentam “dificuldades em aceitar a ideia de que entre essas partículas possam existir espaços vazios” e complementa que uma forma de resolver isso não se dá apenas “pelas evidências empíricas, mas pela negociação, baseada em argumentos racionais e no uso de exemplos da história das ciências”. Ou seja: a partir desse exemplo é possível mostrar

a importância da HQ para promover a compreensão conceitual e que os personagens da Ciência são humanos e passíveis de acertar e cometer erros de interpretação.

O uso de analogias para ilustrar o modelo de Dalton também foi analisado neste ensaio. Observou-se que os autores se utilizaram de imagens de bolas com tamanhos e cores diferentes com o intuito de diferenciar os átomos daltonianos, isto é, para átomos diferentes teríamos massas diferentes e volumes diferentes (resumindo: tamanhos diferentes). Contudo, apenas os autores dos LDQ1's e LDQ6's apresentaram imagens ilustrando o modelo atômico de Dalton, e por simplificação mostra-se apenas a representação do LDQ1, na Fig. 1, pois há um maior cuidado em informar aos leitores (professores e estudantes) que “as cores das figuras [...] são ilustrativas: **átomos e moléculas não têm cor**” (LDQ1, p. 89, grifo nosso). O mesmo cuidado não foi adotado pelos autores do LDQ6, pois apenas informam aos leitores que “[...] utilizamos cores diferentes para representar átomos de elementos diferentes” (LDQ6, p. 153).

**Figura 1** – Representação do modelo de Dalton no LDQ1.



Fonte: LDQ1, p. 89.

Além disso, consultando o livro Dalton, publicado em 1808, encontraram-se os símbolos atômicos, fórmulas atômicas e pesos relativos de vinte elementos, com o hidrogênio apresentando peso 1 (padrão utilizado por Dalton) do que ele ainda chamava de “partículas últimas”, vide Fig. 2. No entanto, a partir da análise dos LDQ's, observou-se que 50% dos autores seguem a proposição de Dalton (nominalmente, os LDQ1, LDQ3 e LDQ5). A seguir, por simplificação, mostrar-se-á apenas a representação do LDQ3 na Fig. 3, em que os autores confeccionaram a representação de alguns elementos com base no artigo de Filgueiras (2004), que se



atômica de Dalton, da sua estrutura lógica consistente e do apoio de alguns químicos renomados, **ela não foi pronta e universalmente aceita pela comunidade científica [...]**. (LDQ5, p. 85, grifo nosso).

A esse respeito, Mortimer (1996) afirmou que

**[...] é importante lembrar que a hipótese atômica de Dalton (1766-1844) não foi prontamente aceita pelos químicos, como transparece da leitura de alguns livros didáticos.** Durante todo o século XIX, vários químicos e físicos se recusaram a aceitá-la por falta de evidências empíricas para a existência de átomos. Faraday (1791-1867), por exemplo, tinha sérias reservas com relação à hipótese atômica, e se baseava em evidências empíricas para demonstrar suas idéias. **Ele acreditava na impossibilidade de se explicar a existência de materiais condutores e isolantes à luz dessa hipótese.** (MORTIMER, 1995, p. 26, grifo nosso).

Na mesma linha Viana (2007) refere que

O desenvolvimento da teoria atômica daltoniana é marcado por diversos embates científicos. **A teoria de Dalton não foi universalmente aceita de imediato, tendo sofrido muitas críticas. Dalton foi reformulando sua teoria inicial com o propósito de responder a objeções formuladas por outros cientistas.** As teorias científicas, em geral, não são capazes de resolver todas as questões a ela relacionadas de imediato, e estão sujeitas a elaboração ao longo do tempo. (Viana, 2007, p. 76, grifo nosso).

Na abordagem dos LDQ's sobre a aceitação do modelo de Dalton, notou-se que os autores dos LDQ's abordaram de forma mais realística o empreendimento científico. Nesse sentido, considerar as contribuições de Mortimer (1995) e Viana (2007), por exemplo, subsidiam na escrita de uma história mais completa, menos fragmentada, menos individualista e mais humana (MATTHEWS, 1995; ALLCHIN, 2004), pois, como exposto nos LDQ4's e LDQ6's e por Filgueiras (2004), a teoria atômica de Dalton passou por reformulações tanto que houve a necessidade de publicação de mais dois volumes do livro de Dalton publicados em 1810 e 1827.

Um exemplo explícito da necessidade de reformulação, mostrado no LDQ1, ocorreu com a contradição entre a hipótese de Gay-Lussac sobre as relações entre os volumes de gases em reações químicas e a teoria de Dalton, a qual só foi solucionada

com a participação de Avogadro, introduzindo o conceito de molécula. A esse respeito, Guinta (2001) acrescenta que Avogadro corrigiu muitas das fórmulas de Dalton em um período muito curto após a publicação de Dalton de suas ideias atômicas.

A resposta para esse impasse e a explicação para a lei volumétrica de Gay-Lussac foram encontradas pelo físico italiano Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), **que sugeriu que todas as contradições teóricas e práticas entre a hipótese de Gay-Lussac e a teoria atômica de Dalton podiam ser eliminadas se fosse introduzido o conceito de molécula.** (LDQ1, p. 94, grifo nosso).

Outro exemplo é exposto no LDQ3, com o título “Limitações e aprimoramento do modelo atômico de Dalton – contribuições de Berzelius”, em que Berzelius trabalhou duas teorias (a eletroquímica e a corpuscular) com o intuito de aprimorar a teoria de Dalton, imprimindo uma característica elétrica ao átomo, uma simbologia mais adequada para os elementos, bem como correção de algumas fórmulas determinadas por Dalton, por exemplo, a água (HO para Dalton e H<sub>2</sub>O para Berzelius, atualmente a água é representada como H<sub>2</sub>O).

Em sua teoria eletroquímica, publicada pela primeira vez em 1811, Berzelius considera os átomos como dipolos elétricos, ou seja, todos os átomos teriam carga elétrica negativa e positiva [...].

Em sua teoria corpuscular, Berzelius propôs um arranjo dos “átomos compostos” de Dalton em diferentes ordens de complexidade [...]. **Nota-se assim que a potassa, que era considerada um elemento na representação de Dalton, passa a ser “átomo composto”. Isso porque Berzelius incorporou em sua teoria descobertas de Humphry Davy (1778-1829), em seus trabalhos com eletrólise, com o isolamento do elemento potássio, em 1808.** (LDQ3, p. 79, grifo nosso).

Berzelius ainda contribuiu para o uso de uma nova simbologia para os elementos químicos, propondo o uso de letras. Dessa forma:

**Os símbolos químicos deveriam ser letras, pela maior facilidade de escrita, e não desfigurar um livro impresso. Embora esta última circunstância possa não parecer de grande importância, deve ser evitada sempre que possível. Tomarei, portanto, por sinal químico, a letra inicial do nome latino de cada substância elementar.**

(BERZELIUS, 1814, p. 51-52, grifo nosso).

Além disso, no caso de elementos com inicial em comum, Berzelius propôs usar uma segunda letra que poderia ser ou a primeira vogal ou a primeira consoante do nome latino do elemento. Ou seja: observa-se aqui que a forma como conhecemos os símbolos dos elementos deve-se a Berzelius. Por exemplo, S = sulphuricum (enxofre), Si = silicium (sílicio), St = stibium (antimônio), Sn = stannum (estanho), C = carbonicum (carbono), Co = cobaltum (cobalto), Cu = cuprum (cobre) e etc. O leitor deve observar que o antimônio passou por mudanças, pois atualmente é Sb e não St.

### MODELO DE THOMSON

Inicialmente, destacam-se as falas dos autores dos LDQ 1, 3, 4, 5 e 6, com relação à evolução dos modelos atômicos, indicando que estes são construções humanas de caráter provisório e que são constantemente testadas pela comunidade científica em função de novas evidências, como é o caso do modelo de Dalton que foi posto à prova, frente ao entendimento da natureza elétrica da matéria. Nesse sentido, os autores do LDQ5 asseveram que

**Nunca é demais lembrar que os modelos atômicos são representações transitórias e hipotéticas idealizadas para interpretar propriedades conhecidas dos materiais.** À medida que surgem novas informações, novas questões e novos problemas ao longo da história, outros modelos vão sendo propostos. (LDQ5, p. 88, grifo nosso).

A esse respeito observa-se que os modelos, elaborados pelos cientistas, possuem certo alcance, isto é, um limite. Nesse sentido, os autores do LDQ6 asseveram que “compreender a História da Ciência nos ajuda a entender as limitações da Ciência, bem como a refletir sobre o mundo que vivemos e pensar em novos modelos para explicá-lo” (LDQ6, p. 158). Superando, assim, a concepção inadequada de que o conhecimento científico é algo pronto e acabado, como transparece da leitura de alguns LDQ.

Por outro lado, apenas os autores do LDQ2 trouxeram a informação histórica

de que um dos primeiros a pensar um átomo constituído por cargas positivas e negativas foi Lord Kelvin, com os seus anéis vortex (CHAYUT, 1991; LOMONACO, 1996; LOPES, 2009; SANTOS; FERNANDES, 2020). Os autores do LDQ2, entretanto, sugerem que Thomson propôs que seu modelo era similar a um pudim de passas (vide Fig. 4), mas ressalte-se que esta analogia (relacionada a um modelo estático) não condiz com o real modelo proposto por Thomson, publicado em 1904. Já os autores do LDQ3 afirmaram que o modelo ficou conhecido como pudim de passas, porém deixam claro que tal analogia proposta não foi feita por Thomson, conforme excerto a seguir:

Como os corpos são eletricamente neutros, a descoberta dos elétrons (de carga negativa) levou Thomson a propor a existência de carga positiva no átomo. Ele elaborou um modelo de átomo constituído por uma esfera maciça, de carga elétrica positiva, que continha “corpúsculos” de carga negativa (elétrons) nela dispersas. **Esse modelo ficou conhecido por modelo do pudim de passas (nome que não foi dado por Thomson).** (LDQ 3, p. 81, grifo nosso).

Aqui, surgem duas perguntas: *i)* quem foi que sugeriu a analogia do pudim de passas? e *ii)* qual foi a analogia realmente proposta por Thomson? A primeira resposta é encontrada no artigo de Hon e Goldstein (2013, p. 131), em que Thomson proferiu uma entrevista a um jornalista, que, por simplicidade, escreveu que o átomo consistiria “[...] de pontos minúsculos, onde os corpúsculos negativos estão nadando em uma esfera de eletrificação positiva, **como passas em um pudim de ameixa [...]**”. Já a segunda é obtida em um livro do próprio Thomson, quando compara seu modelo atômico a um experimento simples de Mayer, com ímãs flutuantes em água. Inclusive, mostrou as limitações para tal analogia, conforme excerto a seguir:

[...] a força nos polos dos ímãs flutuantes é muito semelhante à força que atua no corpúsculo em nosso átomo hipotético; **a principal diferença é que os corpúsculos são livres para mover-se em todas as direções, enquanto os polos dos ímãs flutuantes são limitados a mover-se em um plano paralelo à superfície da água.** (THOMSON, 1904a, p. 114-115, grifo nosso).

**Figura 4** – Informação histórica e analogia para o modelo de Thomson.

Depois da descoberta dos elétrons, como partícula universal pertencente a todos os átomos, e da descoberta da radioatividade, a ideia de Dalton de que o átomo seria indivisível caiu por terra. **Um dos primeiros a pensar num átomo constituído por elétrons e cargas positivas foi Lord Kelvin (1824-1907).** Em 1903, J. J. Thomson recuperou o modelo proposto por Lord Kelvin, em que as partículas com carga negativa, denominadas elétrons, **se encontravam incrustadas numa esfera de carga positiva.**

**Thomson propôs, como imagem para seu modelo, um pudim de passas, sobremesa típica do Natal inglês, à época. Preferimos aqui utilizar a imagem do panetone.** Nessa analogia, a massa do panetone corresponderia àquilo que Thomson descreveu como a esfera contendo a carga positiva uniformemente distribuída. **As passas seriam os elétrons incrustados nessa esfera.**

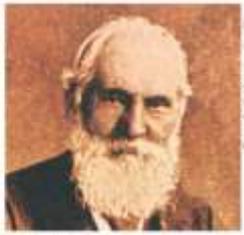


Figura 6.17  
Lord Kelvin.

Fonte: Adaptado de LDQ2, p. 162.

Observaram-se, alguns consensos e divergências. Estes são apresentados a seguir, nos LDQ1's, 2, 3 e 4, os autores convergem para a ideia de que o átomo de Thomson seria estático e apresentava os elétrons incrustados de forma dispersa na esfera positiva, como mostrado nos excertos: "O átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (negativos), de modo que sua carga elétrica total é nula" (LDQ1, p. 147); "Partículas com carga negativa, denominadas elétrons, se encontravam incrustadas numa esfera de carga positiva" (LDQ2, p. 162); "O átomo é constituído por uma esfera maciça, de carga elétrica positiva, que continha "corpúsculos" de carga negativa (elétrons) nela dispersos. (LDQ3, p. 81)"; "Uma esfera sólida positivamente carregada, na qual estariam distribuídos elétrons de carga negativa" (LDQ4, p. 87). Por outro lado, os autores dos LDQ5's e LDQ6's concordam entre si, mas divergem do apresentado dos autores dos outros LDQ's, pois apresentam o modelo de Thomson como dinâmico, em que os elétrons estariam em movimento em torno de anéis concêntricos, conforme os trechos retirados dos LDQ 5 e 6:

O átomo seria como uma esfera maciça carregada positivamente de maneira uniforme – a qual correspondia à maior parte da massa do átomo – **tendo partículas, os elétrons, dispostas em uma série de anéis concêntricos e em constante movimento em seu interior.** (LDQ5, p. 88, grifo nosso).

Átomo é uma esfera de carga positiva uniforme, contendo elétrons que estariam em movimento em torno de anéis. **Onde esses anéis estariam organizados de forma que a maioria dos elétrons ficaria próximo da superfície da esfera e os anéis com menores quantidades de elétrons ficariam no centro da esfera.** (LDQ6, p. 160, grifo nosso).

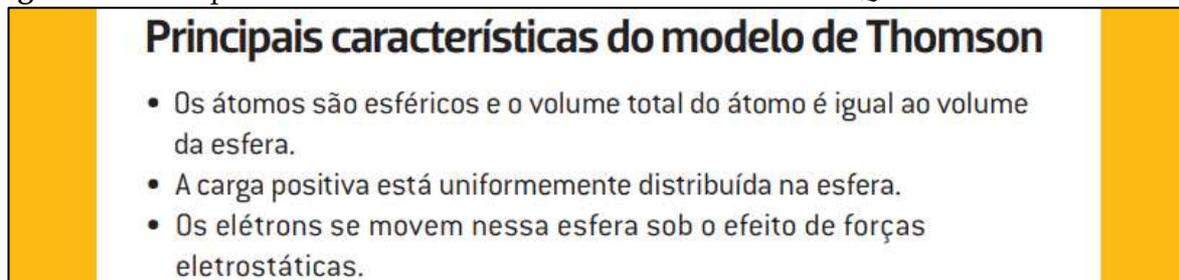
A partir da análise, observamos que a maioria dos autores dos LDQ apresenta o modelo de Thomson como um modelo estático (4 de 6, cerca de 70%), porém o modelo proposto é dinâmico, conforme artigo publicado em 1904. A esse respeito o próprio Thomson afirma que se tem:

[...] em primeiro lugar uma esfera com carga positiva uniforme, e dentro dessa esfera um número de corpúsculos dispostos em uma série de anéis paralelos. O número ou corpúsculos em um anel varia de anel para anel: **cada corpúsculo está viajando em alta velocidade em torno da circunferência do anel em que está situado, e os anéis estão organizados de forma que aqueles com um grande número de corpúsculos estão próximos da superfície da esfera, enquanto aqueles em que há um menor número de corpúsculos estão mais para o interior.** (THOMSON, 1904b, p. 254-255, grifo nosso).

Nesse sentido, observou-se que, dentre os conceitos descritos nos LDQ, os que mais se aproximam do modelo realmente proposto por Thomson são os apresentados nos LDQ5's e LDQ6's, pois são os únicos que representam um modelo dinâmico. Contudo, cabe destacar que há uma incongruência no LDQ2, o que pode confundir tanto os estudantes do Ensino Médio, quanto os professores, visto que ora apresentou o átomo de Thomson como estático, quando afirmaram que o mesmo “[...] descreveu como a esfera contendo carga positiva uniformemente distribuída. As passas seriam **os elétrons incrustados nessa esfera**” (LDQ2, p. 162, grifo nosso) e ora o apresentou como um modelo dinâmico, em que os elétrons se movem (em conformidade com as ideias de Thomson), conforme apontado na terceira característica do modelo (vide Figura 5).

Quanto ao átomo ser uma esfera com carga positiva, todos os LDQ's estão de acordo com o proposto por Thomson. O desacordo se inicia quando afirmam que essa esfera é maciça. De acordo com o dicionário, uma coisa maciça “é algo feito de matéria compacta, sem partes ocas”. E a esfera de acordo com o modelo de Thomson não é maciça, pois em seu interior existem corpúsculos em movimento, os elétrons. Apenas os autores dos LDQ3's e LDQ5's apresentaram um desacordo com o modelo proposto por Thomson porque em ambos houve a afirmação que a esfera é maciça.

**Figura 5** – Principais características do modelo de Thomson no LDQ2.



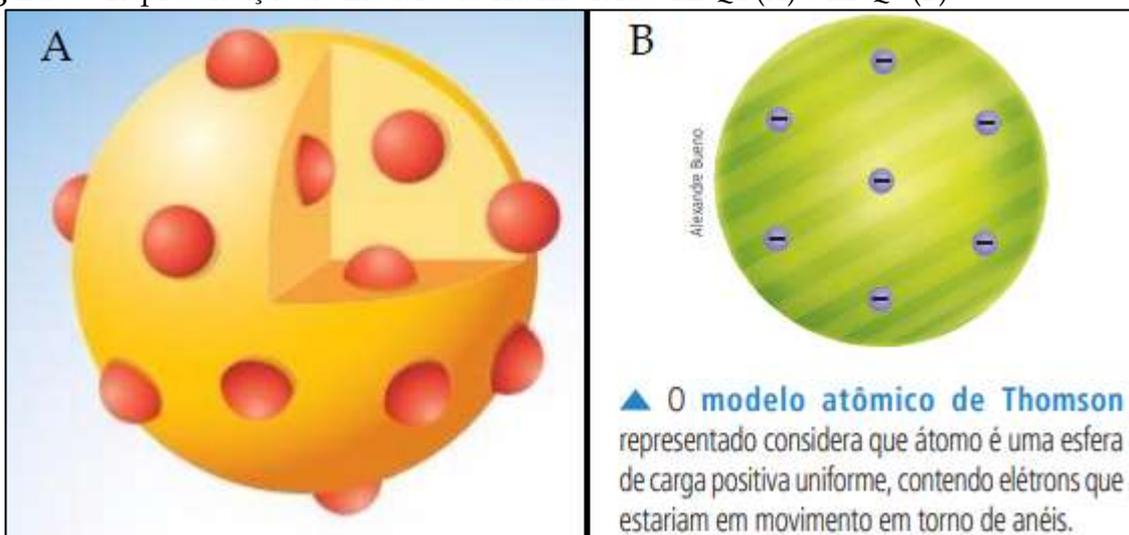
Fonte: Adaptado de LDQ2, p.162.

Por outro lado, diferentemente dos outros LDQ's, no LDQ1's, os autores afirmaram que a esfera não é maciça, mas quando trataram dos corpúsculos negativos (elétrons), nos informam que estão incrustados (parados dentro da esfera). Passando assim uma ideia de que eles não se movimentam, caracterizando o modelo como estático. Outra informação errônea, que é trazida no LDQ1, refere-se ao fato de que foi Thomson que nomeou os raios catódicos de elétrons, afirmando que “[...] em 1897, o físico Joseph John Thomson, trabalhando com raios catódicos, concluiu que eles eram parte integrante de toda espécie de matéria e os denominou **elétrons**” (LDQ1, p. 147, grifo dos autores) quando, na verdade, quem realmente cunhou o termo foi George Johnstone Stoney em 1891 e não em 1897 (MOREIRA, 1997; MORROW, 1969).

Observando as representações nos LDQ's para o modelo de Thomson, observa-se que a representação trazida no LDQ6 é mais adequada. Percebe-se que os elétrons, em comparação com as outras representações, não estão dispostos de forma desorganizada e estão distribuídos de forma que o anel com maior quantidade de elétrons está mais próximo da superfície da esfera e o anel com menos elétrons está mais próximo do centro da esfera. Acreditamos, dessa forma, que o LDQ6 aborda o modelo de Thomson com mais precisão, inclusive esse fato pode ser explicado, porque um dos autores do livro (o Prof. Wildson Santos) possui artigo publicado sobre modelos atômicos, em que utilizaram dissertações e teses, a que os autores tiveram acesso, quanto às referências primárias (CHAVES, SANTOS, CARNEIRO, 2014).

Agora, surge uma pergunta: como poderíamos representar o átomo de Thomson? Na Fig. 6, apresenta-se como os autores têm representado esse modelo.

**Figura 6** – Representação do modelo de Thomson nos LDQ4 (A) e LDQ6 (B).

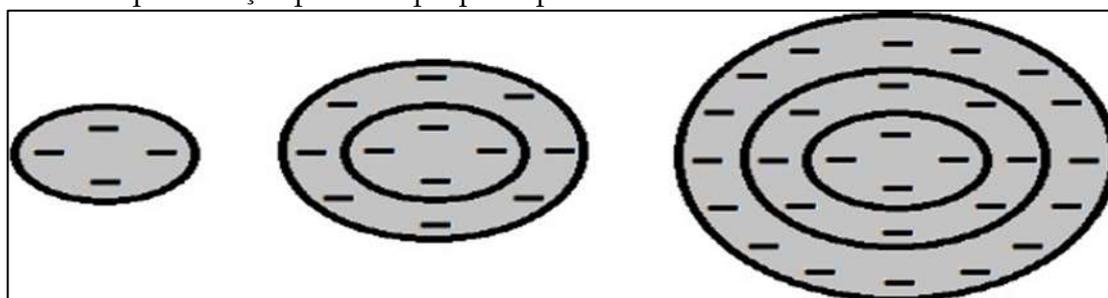


Fonte: LDQ4, p. 87 e LDQ6, p. 162.

Sobre a representação para o modelo proposto por Thomson, deixamos aqui também a nossa sugestão, apresentada na Fig. 7, para representá-lo, conforme a proposição original de Thomson.

Na representação proposta, nota-se que os elétrons estão organizados em anéis e espaçados com intervalos angulares iguais e os anéis que contêm mais elétrons estão mais próximos da superfície da esfera e com menos elétrons estão mais próximos do centro da esfera, conforme previsto por Thomson (1904b). Além disso, é possível perceber que a diferença de um átomo para outro, reside no número de “corpúsculos negativos”, ou seja, os elétrons.

**Figura 7** – Representação pictórica proposta para o modelo de Thomson.



Fonte: autores, 2022.

Uma outra contribuição de Thomson relacionada à evolução dos modelos atômicos refere-se à identificação dos raios canais (partículas de carga positiva), que

foram descobertos por Eugen Goldstein em 1886, que hoje conhecemos como prótons. Apenas a autora do LDQ1 retratou essa contribuição, quando afirmou que

**A identificação do próton como partícula elementar de carga positiva foi feita em 1898 por Wilhelm Wien (1864-1928) e confirmada em 1910 por Joseph John Thomson.** O nome próton (do grego *prôtos*, 'primeiro') foi proposto por Ernest Rutherford em 1920. (LDQ1, p. 139, grifo nosso).

Silva *et al.*, (2021) consultando o artigo de Thomson (1904b), observaram que foi Thomson o primeiro a apresentar uma ideia de distribuição eletrônica. Cumpre lembrar ao leitor que os quatro números quânticos ainda não tinham sido descobertos, contudo, essa distribuição proposta por Thomson foi superada ao longo do tempo, mas a sua contribuição foi fundamental para o início das discussões acerca da distribuição dos corpúsculos eletricamente negativos (elétrons) no átomo.

Esse entendimento sobre a distribuição eletrônica permitiu a Thomson verificar a possibilidade de átomos eletronegativos (hoje ânions), átomos eletropositivos (hoje cátions) e da formação de compostos pela ligação entre essas espécies (hoje ligação iônica). A esse respeito, Santos e Fernandes (2020), a partir da leitura do artigo de Thomson (1904b), observaram que

[...] Os átomos eletronegativos receberão, assim, uma carga de eletricidade negativa, os átomos eletropositivos, estarão com uma carga positiva, os átomos de carga oposta se atrairão e um composto químico dos átomos eletropositivos e negativos será formado. (THOMSON, 1904b, p. 262-263).

Com base no exposto, Saltzman (1973) afirmou que Thomson, ao longo das duas primeiras décadas do século XX, preocupou-se em buscar uma explicação para a natureza da ligação química. Além disso, Saltzman (1973) faz um justo resgate histórico acerca das contribuições de Berzelius com a teoria eletroquímica (dualística), que após quase um século, o dualismo havia sido ressuscitado, pois, para Thomson, a descoberta do elétron significava que Berzelius era justificado, ou seja: toda a ligação ocorre pela transferência de elétrons, gerando espécies positivas e negativas.

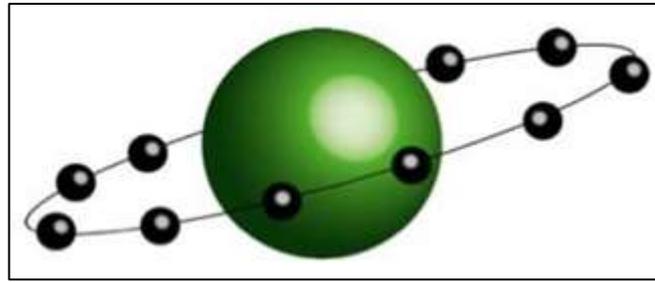
Lopes (2009) e Fiolhais e Ruivo (1996) discutem que, mesmo com todo o alcance

do modelo de Thomson em explicar fenômenos – como a radioatividade, a fotoeletricidade, a emissão e dispersão da luz, o efeito Zeeman e até a Tabela Periódica –, alguns meses depois, ainda no ano de 1904 e no mesmo periódico científico, o renomado *Philosophical Magazine*, Hantaro Nagaoka publicou o primeiro modelo planetário para o átomo, o modelo Saturniano (INAMURA, 2016), baseado no modelo gravitacional de James Maxwell, mostrando, desta forma, que o problema da natureza elétrica do átomo estava pulsando no início do século XX. Com a publicação de Nagaoka surgiu, então, um embate científico, pois Thomson (1904b) acreditava que os elétrons estariam em movimento dentro da casca positiva, enquanto Nagaoka (1904), discordando frontalmente de Thomson, propunha que os elétrons estariam situados fora da esfera e a massa encontrar-se-ia no centro (ou núcleo) do átomo com os elétrons orbitando, com velocidade constante, a massa central positiva, caracterizando-se como um sistema estável, conforme exposto na Fig. 8. Fiolhais e Ruivo (1996) mostraram que, com o modelo de Nagaoka, se conseguia explicar os espectros de linhas e de bandas, o que o modelo Thomson não conseguia. Apesar disso, tal personagem histórico foi citado apenas nos LDQ5's e LDQ6's, com um aprofundamento maior neste último. Inclusive, mostrando o papel da comunidade científica na validação dos conhecimentos produzidos, quando afirmam que

Em 5 de dezembro de 1903, o físico japonês Hantaro Nagaoka [1865-1950] apresentou à Sociedade de Física e Matemática de Tóquio um artigo sobre o movimento de partículas num átomo ideal. Nele, propôs seu modelo saturniano de átomo. Logo em seguida, Nagaoka publicou os principais resultados de sua pesquisa em revistas científicas, entre as quais a *Nature*. (LDQ6, p. 162, grifo nosso).

Aqui se observa com clareza que “sendo a ciência um grande empreendimento coletivo, o papel dos indivíduos é, por vezes, difícil de julgar” (FIOLHAIS, RUIVO, 1996, p. 9). Por isso é importante resgatar e enfatizar que a Ciência não é feita apenas de vencedores (como Dalton e Thomson), mas, também, de “anônimos” (como Berzelius e Nagaoka) que quase não são lembrados nos LDQ.

**Figura 8** – Representação pictórica proposta para o modelo de Nagaoka.



Fonte: <https://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>.

Por fim, observou-se pela análise dos LDQ's que, por mais criterioso que um autor seja, sempre será possível o esquecimento de alguma contribuição histórica; outrossim neste sentido, acredita-se que a leitura de materiais diversificados (primários e secundários) poderá contribuir para uma construção histórica mais contextual e alargada, proporcionando uma aprendizagem significativa. Dessa forma, deve-se “contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (Matthews, 1995, p. 165).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao finalizar esta análise, percebe-se que a História da Química é abordada de maneira limitada nos LDQ's. Embora sejam fornecidos elementos bibliográficos, datas e dados históricos sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson, essa abordagem não é aprofundada o suficiente para permitir uma (re)leitura crítica do que ocorreu durante o processo de desenvolvimento desses modelos. Muitas informações são omitidas, algumas são mal explicadas e outras ainda estão incorretas.

Para corrigir essa lacuna na abordagem histórica, é necessário consultar fontes primárias (originais) e secundárias, de acordo com as novas proposições historiográficas da Ciência, como proposto neste artigo. Além disso, é importante levar em consideração o contexto histórico-social da época em que esses modelos foram desenvolvidos, a fim de evitar-se a impressão de que a Ciência sempre progrediu sem dificuldades.

Embora o LDQ6 apresente uma abordagem mais contextualizada da História

da Química, comparada aos outros LDQ's, ainda há espaço para melhorias e complementações. Com isso, fica evidente que ainda há muito a ser narrado sobre a história dos modelos atômicos e uma possibilidade razoável é complementar as informações apresentadas nos LDQ's com o uso de referências primárias e secundárias.

Por fim, a inserção de episódios históricos deverá contribuir para um aprendizado mais significativo e contextualizado da Química, incentivando a compreensão do processo de desenvolvimento científico, dos desafios enfrentados pelos cientistas e da relação entre Ciência e Sociedade. Assim, é essencial que a História da Química seja ensinada de forma mais completa nos LDQ's, para que os estudantes possam compreender de forma mais ampla natureza da Ciência e seu importante papel na sociedade.

## REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

BALL, P. In retrospect: A New System of Chemical Philosophy. **Nature**, v. 537, p. 32-33, 2016.

BERZELIUS, J. J. Essay on the cause of chemical proportions, and on some circumstances relating to them: together with a short and easy Method of expressing them. **Annals of Philosophy**, v. 3, p. 51-62, 1814.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular**, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2018: Química: Ensino médio**, 2017.

CACHAPUZ, S. *et al.* (Orgs.). **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

CHASSOT, A. I. Sobre prováveis modelos atômicos. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 3, 1996.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de Química e concepções de Ciência. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014.

CHAYUT, M. J. J. Thomson: The Discovery of the Electron and the Chemists. **Annals of Science**, n. 48, p. 527-544, 1991.

DALTON, J. **A New System of Chemical Philosophy**. Manchester: William Dawson & Sons Ltd., 1808.

FIOLHAIS, M.; RUIVO, M. C. O modelo atômico saturniano de Nagaoka. **Gazeta de Física**, v. 19, fasc. 1, p. 6-10, 1996.

GUINTA, C. J. Using History to Teach Scientific Method: The Role of Errors. **Journal of Chemical Education**, v. 78, n. 5, p. 623-627, 2001.

INAMURA, T. T. Nagaoka's atomic model and hyperfine interactions. **Proceedings of the Japan Academy, Series B**, v. 92, n. 4, p. 121-134, 2016.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Trad. B. V. Boeira e N. Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2007.

LEITE, H. S. A.; PORTO, P. A. Análise da abordagem histórica para a tabela periódica em livros de química geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 580-587, 2015.

LEITE, L. History of science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. **Science & Education**, v. 11, n. 4, p. 333-359, 2002.

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

LOMONACO, S. L. The Modern Legacies of Thomson's Atomic Vortex Theory in Classical Electrodynamics. **AMS PSAPM**, v. 51, p. 145-166, 1996.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: Abordagens Qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MARANHÃO. Secretaria de Estado da Educação. **Documento curricular do território maranhense**: ensino médio, São Luís, 2022.

MASKILL, R.; JESUS, H. P. Asking model questions. **Education in Chemistry**, v. 32, n. 5, p. 132-134, 1997.

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

MELO, M. R. **Estrutura atômica e ligações química** – uma abordagem para o ensino médio. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MELO, M. R.; NETO, E. G. de L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química nova na escola**, 2013, 35.2: 112-122.

MOREIRA, I. C. Conferência Nobel de Thomson sobre a Descoberta do Elétron: Tradução e notas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 299-307, 1997.

MORROW, B. A. On the Discovery of the Electron. **Journal of Chemical Education**, v. 46, n. 9, p. 584-588, 1969.

MORTIMER, E. F. Concepções Atomistas dos Estudantes. **Química Nova na Escola**, n. 1, 23-26, 1995.

NAGAOKA, H. Kinetics of a system of particles illustrating the line and the band spectrum and the phenomena of radioactivity. **Philosophical Magazine**, v. 7, n. 41, p. 445-455, 1904.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento: da antiguidade a modernidade. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 21-25, 2002.

OKI, M. C. M. Paradigmas, crises e revoluções: a história da química na perspectiva kuhniana. **Química Nova na escola**, n. 20, p. 32-37, 2004.

PORTO, P. A. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca dos objetivos educacionais da atualidade. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**, 2011, p. 159-180.

SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. O Modelo Atômico de Thomson: um estudo sobre o livro didático, estratégia docente e concepção dos alunos. **REnCiMa**, v. 11, n. 6, p. 624- 643, 2020.

SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

SALTZMAN, M. J. J. Thomson and the Modern Revival of Dualism. **Journal of Chemical Education**, v. 50, n. 1, p. 59-61, 1973.

SILVA, A. L. P.; VARELA JÚNIOR, J. J. G.; SÁ-SILVA, J. R.; COSTA, H. R. Configuração eletrônica nos livros didáticos de química do PNLD 2018-2020: um estudo histórico-conceitual. *Vidya*, v. 41, n. 1, p. 163-183, 2021.

THOMSON, J. J. **Electricity and matter**. New York: Charles Scribner's Sons, 1904a.

THOMSON, J. J. 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*, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904b.

VIANA, H. E. B. **A Construção da Teoria Atômica de Dalton como Estudo de Caso** - e algumas reflexões para o ensino de química. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Instituto de Química. São Paulo, 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton. *Química Nova na escola*, n. 7, p. 4-12, 2007.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A História da Ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. *Ciência & Educação*, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.