

# **O dualismo eletroquímico de Berzelius: proposta de um método de análise documental e sua contribuição para o currículo de química**

## **The electrochemical dualism of Berzelius: proposal for an analysis of documentary sources and its contribution to chemistry curriculum**

**Marcelo Dias Pulido**

Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ),  
Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências,  
Instituto de Química - Universidade de São Paulo  
marcelo.pulido@usp.br

**Paulo Alves Porto**

Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ),  
Instituto de Química - Universidade de São Paulo  
palporto@iq.usp.br

### **Resumo**

A teoria dualista, estruturada pelo químico sueco Jöns Jacob Berzelius no início do século XIX, procurava explicar as transformações químicas em termos das afinidades entre átomos bipolares. A caracterização dessa teoria e a discussão de sua validade ao longo do tempo pode proporcionar, aos professores de química, uma postura mais crítica no que diz respeito à seleção dos conteúdos específicos de sua área sob uma perspectiva histórica. Por meio de uma ferramenta de análise documental baseada na análise textual discursiva e associada à epistemologia e à historiografia da ciência, caracterizamos a teoria dualista no seu contexto histórico original e discutimos sua relevância para o estabelecimento da química como ciência, sua remodelação sistemática frente às teorias concorrentes e sua gradativa superação, aspectos da construção da ciência que podem fornecer subsídios aos professores para a escolha crítica dos conteúdos curriculares de química.

**Palavras chave:** teoria dualista, Berzelius, história da ciência, ensino de química, currículo de química

### **Abstract**

The dualistic theory structured by the Swedish chemist Jöns Jacob Berzelius in the early nineteenth century aimed to explain chemical phenomena in terms of affinities between bipolar atoms. The characterization of this theory and the discussion of its validity over time can provide a more critical attitude for chemistry teachers regarding the selection of specific disciplinary contents under a historical perspective. By using a documentary analysis tool based on discursive textual analysis associated with science epistemology and historiography, we characterized the dualistic theory in its original historical context and discussed its

relevance to the establishment of chemistry as a science, its systematic remodeling before concurrent theories and its gradual overcoming. Such aspects of the construction of science can offer subsidies to the critical selection of chemistry curricular contents by teachers.

**Keywords:** dualistic theory, Berzelius, history of science, chemistry teaching, chemistry curriculum

## Desatualização de conceitos em livros didáticos

A presença de conceitos desatualizados nos livros didáticos de ciências é discutida por diversos autores. No âmbito da química, Mortimer *et al.* (2000) apontam o distanciamento dos alunos da química contemporânea e de suas aplicações sociais, provocado pela “repetição acrítica de fórmulas didáticas” que perpetuam conceitos desatualizados nos livros didáticos, citando especificamente o conceito de dupla-troca como baseado na teoria do dualismo eletroquímico de Berzelius. Tal avaliação é corroborada por Lopes (1995), quando afirma que, ao utilizarmos os modelos da dupla-troca e do deslocamento, representados respectivamente pelos algoritmos  $AB + CD = AD + CB$  e  $AB + C = A + CB$ , estamos “simplesmente seguindo Berzelius, sem atentar para desenvolvimentos posteriores da química, como por exemplo a teoria da dissociação eletrolítica de Arrhenius e as teorias da ligação química” (p. 8). Em comum, esses autores apontaram o efeito pernicioso ao ensino de ciências da desatualização dos conceitos, e sugeriram possíveis caminhos para uma avaliação crítica pelo professor.

A presença de conceitos desatualizados em livros didáticos é também um dos “critérios eliminatórios comuns a todas as áreas”, adotado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD):

### 2.1.5. Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos.

Respeitando tanto as conquistas científicas das áreas de conhecimento representadas nos componentes curriculares quanto os princípios de uma adequada transposição didática, serão excluídas as obras que:

(1) apresentarem de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado conceitos, princípios, informações e procedimentos;

(2) utilizarem de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado esses mesmos conceitos e informações, em exercícios, atividades, ilustrações ou imagens (BRASIL, 2013, p. 42).

## As contribuições da historiografia e da epistemologia da ciência

O historiador da ciência Roberto Martins (2011) defende que a ciência nunca atinge “a verdade”, e as teorias não podem ser provadas, apenas podem ter mais sucesso que outras em explicar fatos e proporcionar previsões. Dessa forma, a ferramenta para julgar se uma teoria é válida, em um determinado momento histórico, é a análise de sua história:

É necessário estudar o contexto científico, as bases experimentais, as várias alternativas possíveis da época, e a dinâmica do processo de descoberta (ou invenção), justificação, discussão e difusão das ideias. Apenas desse modo é possível aprender como uma teoria foi justificada e porque foi aceita (Martins, 2011, p. xxxi).

O autor alerta ainda para a existência de três barreiras para o pleno uso da história da ciência

no ensino:

- (1) a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências;
- (2) a falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino; e
- (3) equívocos a respeito da própria natureza da história” (Martins, 2011, p. xxv-xxvi).

Canguilhem (2009), por sua vez, ao propor seu *modelo do tribunal*, defende que é a epistemologia da ciência a juíza que nos permite rastrear um conceito, por meio do reconhecimento da linguagem que o define, e decidir em que momento histórico esse conceito é criado e quando deixa de ser válido. Essa interpretação, ou seja, a inserção da dimensão epistemológica na análise historiográfica, é compartilhada por muitos historiadores da ciência na atualidade (ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2004; KRAGH, 2001). Kragh (2001) ressalta que a epistemologia utilizada no julgamento da validade de um conceito deve ser a epistemologia aceita à época em que o conceito foi válido. Segundo ele, isso implica em uma perspectiva diacrônica da historiografia, imaginando-nos “como observadores *no* passado, e não simplesmente *do* passado” (grifos nossos). A racionalidade e a coerência das descobertas não podem ser avaliadas considerando seu sentido na atualidade, e sim com base nas normas vigentes na época em que as ocorrências históricas estudadas se deram, ou, nas palavras de Kragh, com base nos “dados adquiridos pela comunidade científica nesse período” (KRAGH, 2001, p. 69).

Embora haja vertentes puristas, Kragh (2001) admite que a visão diacrônica da história deve ser perseguida somente como um ideal. Isso significa que anacronismos podem estar presentes na historiografia – na verdade, podem ser até mesmo necessários. O esclarecimento de conceitos, por exemplo, exige uma interpretação do conceito original à luz do que está atualmente estabelecido na ciência (Martins, 2004). A esse respeito, Kragh (2001) argumenta que:

Uma história da ciência totalmente diacrônica não seria susceptível de responder às exigências que se fazem normalmente às exposições históricas. Forneceria talvez uma representação fiel do passado mas seria também arqueológica e inacessível a todos, exceptuando uns poucos especialistas (KRAGH, 2001, p. 115).

Mais do que isso, é mesmo impossível livrar-se completamente do contexto que nos constrói, enquanto pesquisadores. Sendo assim, é preciso reconhecer que sempre intervimos anacronicamente na história que investigamos, e é mais produtivo mensurar essa intervenção do que negá-la. Assimilamos a história a fim de reescrevê-la permanentemente, mas sem compactuar com a falsa premissa de continuidade. A primeira fase das investigações deve considerar os padrões e normas vigentes à época, mas à medida que esse período e os acontecimentos nele inseridos vão se revelando, o historiador deve buscar critérios para estabelecer consensos em que basear sua interpretação, e é nesse momento que ele intervém como representante de sua própria época.

Há ainda que se considerar o desafio de cumprir a tarefa do historiador, qual seja, a de apresentar a história da ciência para o leitor contemporâneo, sem incorrer em distorções. Essa tarefa, que caracteriza uma função pedagógica da historiografia da ciência, é anacrônica, pois envolve em algum grau a transposição da história da época para o momento atual, para que possa ser compreendida.

Assim, aprender a ciência do passado envolve colocar-se diacronicamente no lugar do outro, enxergar por seus olhos e desvincular-se o mais possível da nossa própria visão socialmente condicionada, enquanto a comunicação subentende a interpretação dos fatos de forma

anacrônica, à luz dos conhecimentos atuais e da nossa própria bagagem teórica e contextual. Essa perspectiva está de acordo com a análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2011), como detalharemos mais adiante.

A interpretação das ocorrências pode levar em conta aspectos psicológicos, sociológicos ou, simplesmente, racionais. Se uma teoria é metodologicamente superior, aos olhos da norma vigente à época, somente esse aspecto racional já poderia ser suficiente para justificar sua aceitação, sem que se tenha que recorrer ao contexto social ou a características psicológicas dos cientistas. Por outro lado, a aceitação de uma teoria que apresenta falhas em sua fundamentação, contradizendo a norma – o que é, muitas vezes, observado com a teoria dualista de Berzelius –, não é racional, e requer a busca de outras razões para explicá-la. O estatuto de teoria científica deve ser identificado como um estatuto social, ou seja, um desenvolvimento científico não é elevado ao estatuto de teoria científica somente por explicar adequadamente certos fenômenos naturais, mas teve de ser aceito como tal por uma convenção social, que segue certo conjunto de normas da comunidade científica à época. Isso requer que se investigue quais razões sociais conferiram a esse desenvolvimento científico o estatuto de teoria científica.

Kragh (2001) considera duas possíveis abordagens para a historiografia da ciência: o estudo horizontal e o estudo vertical. No primeiro caso, estuda-se uma disciplina ou tema na extensão em que vigorou (muitas vezes, pode ainda ser vigente, ou ter seu estudo justificado em fatos presentes). Nessa abordagem, apenas os aspectos internos da disciplina em foco são considerados. A abordagem vertical é uma alternativa interdisciplinar, que considera a disciplina ou tema em questão como apenas mais um dos elementos que constituíam a cultura e o contexto da época. Isso possibilita que questões aparentemente estranhas à disciplina em estudo, mas que a tenham de alguma forma influenciado, possam surgir na análise. Dessa forma, optamos neste trabalho por uma abordagem que considerou certa verticalidade.

Diante do exposto, consideramos ser frutífera uma análise, fundamentada em bases historiográficas, da presença de conceitos desatualizados em livros didáticos de ciências, de forma a contribuir para a sua discussão crítica.

## **Objetivos**

O delineamento dos objetivos desta investigação se constituiu a partir das primeiras leituras das fontes históricas e referenciais historiográficos e metodológicos, discutidos dentro do Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ - IQ-USP), do qual os autores deste trabalho fazem parte. Optamos por realizar uma caracterização clara e objetiva da teoria dualista de Berzelius, relacionando-a ao seu contexto histórico, na intenção de que isso nos possibilitasse identificar elementos dessa teoria em outros contextos, mostrando que a historiografia da ciência pode fornecer subsídios para que os professores de química possam analisar mais criticamente os conteúdos de química que farão parte do currículo a ser praticado no Ensino Médio. Assim, nossos objetivos podem ser resumidos da seguinte forma:

1. Caracterizar a teoria dualista de Berzelius dentro do contexto histórico em que foi produzida.
2. Estabelecer a relevância desse conceito no contexto da química da época de Berzelius e na atualidade.

A concretização desses objetivos nos permitirá investigar as implicações da presença dessa teoria no ensino de química, fornecendo subsídios ao trabalho do professor em diversos âmbitos, especialmente na escolha dos conteúdos curriculares.

## Justificativa

A presença de conteúdos químicos desatualizados em livros didáticos – como é o caso do esquema da dupla-troca, sustentado por um modelo de ensino memorístico que se deseja superar – é inadequada para o ensino de ciências. Nesse sentido, a avaliação dos conteúdos a serem ensinados – seja ela oficial, como critério para a publicação e oferta de livros didáticos de qualidade à escola pública, seja ela conduzida pelo professor como forma pessoal de seleção dos materiais que utiliza em sala de aula – é uma demanda atual e importante, pois viabiliza políticas públicas de educação, qualifica o professor e colabora para um ensino de melhor qualidade, ao promover a aprendizagem, pelo aluno, de conteúdos relevantes para sua formação.

A aplicação da análise historiográfica na determinação da relevância de um conteúdo científico pode, assim, se constituir em importante ferramenta para o professor e para profissionais envolvidos na educação científica em geral, seja pela produção ativa de novas pesquisas ou pela disponibilização de material de referência de qualidade. Pretende-se, assim, contribuir para a aproximação entre a história da ciência e o ensino de química em prol dos objetivos educacionais da atualidade (PORTO, 2010). A compreensão das origens da teoria dualista de Berzelius, sua validade e presença na educação química atual constitui uma oportunidade de articulação de todos esses aspectos.

## A análise textual discursiva como ferramenta metodológica

Para que os objetivos dessa investigação pudessem ser alcançados da forma mais adequada, se fez necessária uma metodologia qualitativa, que tivesse como foco não o simples teste de hipóteses, mas sim a compreensão dos conceitos envolvidos em seus contextos e suas consequências. A análise textual discursiva nos ofereceu essa perspectiva, pois “Não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão, reconstruir conhecimentos existentes sobre os temas investigados” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 11). A reconstrução histórica da teoria dualista exigiu que nos despíssemos de ideias preconcebidas e nos colocássemos na perspectiva do outro, permanecendo abertos e atentos para o que pudesse emergir das leituras.

Em Pimentel (2001) encontramos inspiração para a construção de uma ferramenta que guiou nossa análise. Ela consistiu basicamente do fichamento das fontes primárias e secundárias, que constituíram as unidades de análise, incluindo os seguintes itens:

- Código;
- Referência: referência bibliográfica do documento;
- Tipo de documento: livro, capítulo de livro, artigo de periódico, carta, etc.;
- Tema: tema central da unidade de análise;
- Resenha: breve descrição do conteúdo;
- Relação com a pesquisa: descrição de como o conteúdo se relaciona com a investigação em curso;
- Resumo, esquemas, comentários e transcrições: resumos, citações, observações críticas, relações com outras unidades de análise, impressões pessoais, etc.

Esse fichamento foi apoiado pela utilização de um *software* de organização bibliográfica.

As fases de condução da pesquisa estão representadas na figura 1. O esquema mostra que a situação-problema é escolhida de acordo com os interesses do pesquisador sobre um tema. A formulação de questões sobre essa situação-problema leva às questões de pesquisa, que conduzem às fontes supostamente mais adequadas, que foram então submetidas ao fichamento. Iniciamos pelas fontes secundárias, que nortearam a seleção de fontes primárias, poupando tempo de pesquisa. Fez-se necessária a verificação da autenticidade dessas fontes, que geraram novas questões de pesquisa, levando à reformulação da situação problema, e esse processo cíclico se manteve ao longo de toda a pesquisa, até que os dados se tornassem redundantes, de acordo com o critério de saturação (BOGDAN; BIKLEN, 2010).

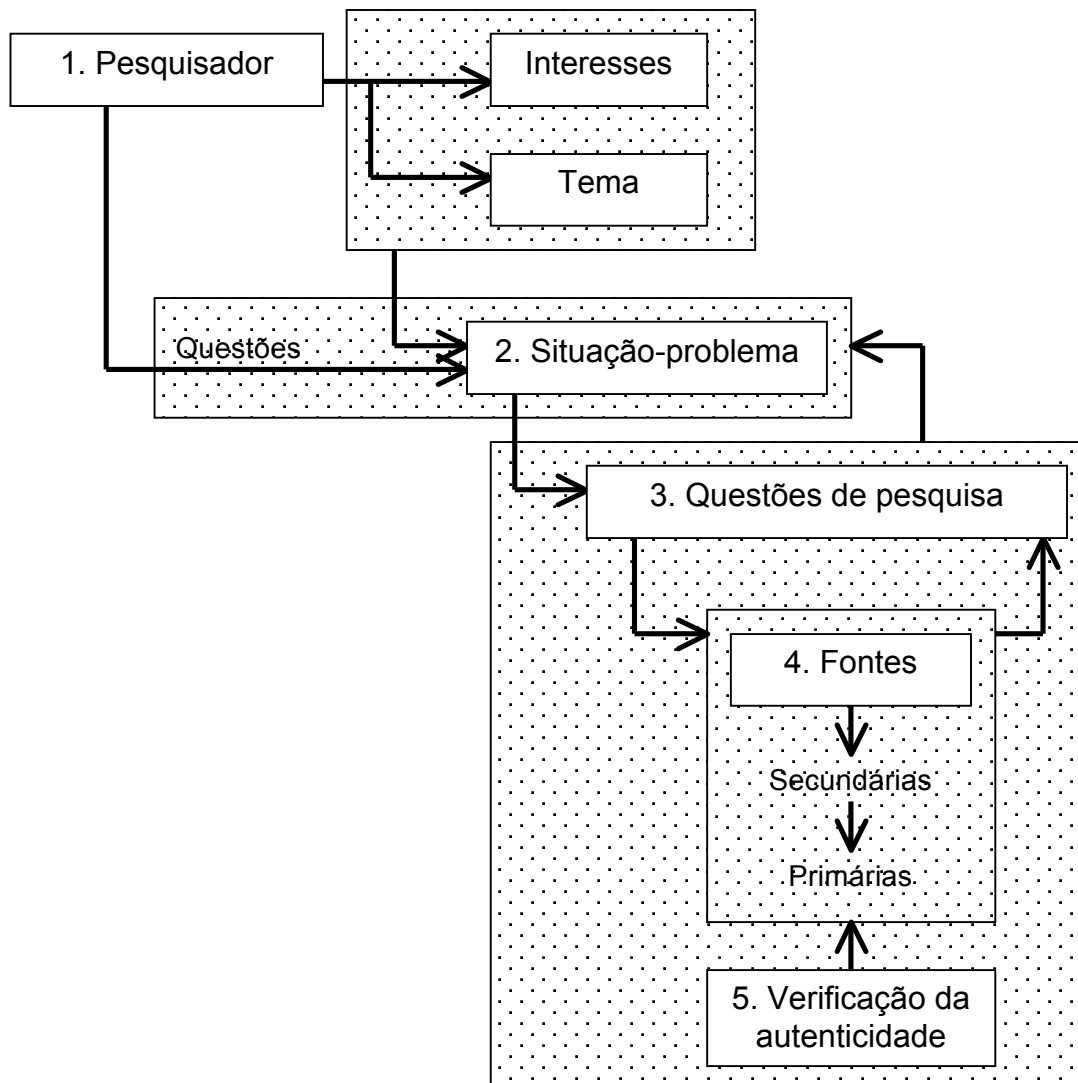


Figura 1. Fases de condução da pesquisa historiográfica.

## Resultados e discussão

A partir de certa massa crítica de unidades de análise, o fichamento mostrou-se uma ferramenta poderosa, permitindo o cruzamento de dados e facilitando o estabelecimento de categorias emergentes de análise. Estas foram determinadas a partir dos temas, que eram frequentemente comparados, reorganizados e renomeados, criando indicadores. Os

indicadores, submetidos a novas releituras, resultaram em categorias.

A partir do cruzamento das unidades de análise foi possível determinar, de forma consistente e válida, algumas características da teoria dualista de Berzelius, entre as quais destacamos seu papel de representante da herança antiflogística de Lavoisier; sua importância na resolução do problema das afinidades, então em aberto, que influenciava as mais diversas esferas sociais, como a literatura; sua relação com a busca do estatuto de ciência pela química, na forma de uma lei geral, nos moldes do que era feito na física; o respaldo da posição conseguida por Berzelius no meio científico, graças ao reconhecimento da precisão de seus métodos analíticos, para a aceitação do dualismo, superando lacunas epistemológicas evidentes nessa teoria; o papel sistematizador do dualismo, cujos modelos conferiram à química a ordem e previsibilidade exigidas pela ciência; sua importância na consolidação da eletroquímica como área do conhecimento químico; a constante remodelação do dualismo frente às anomalias observadas especialmente na química orgânica, contrariando a visão geralmente aceita de um Berzelius inflexível; a influência de Berzelius no estabelecimento de linhas de pesquisa em sua época e a contribuição desse fato para a contestação de sua teoria; a emergência de teorias concorrentes, culminando na superação da teoria dualista e a posterior reabsorção desta e de outras teorias na elaboração da moderna teoria de valência.

A intersecção entre historiografia, epistemologia e análise textual discursiva mostrou-se, dessa forma, eficaz na caracterização de uma teoria científica e seu mapeamento em determinado contexto histórico, permitindo a avaliação crítica de seu alcance em outros períodos. Em etapa posterior da investigação, pretendemos aprofundar a investigação de sua utilidade para subsidiar as escolhas curriculares pelos professores de química.

## **Agradecimentos e apoios**

Agradecemos ao Prof. Dr. Fumikazu Saito, do Centro Simão Mathias de Estudos em História da Ciência (PUC-SP), e ao Grupo de Pesquisa em História da Ciência e Ensino de Química (GHQ - IQ-USP), pela disponibilidade para a discussão dos fundamentos desta investigação.

## **Referências**

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC, 2004.

BRASIL. **Edital de convocação 01/2013 – CGPLI**: Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas para o programa nacional do livro didático PNLD 2015. Brasília: MEC/FNDE/SEB, 2013. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-editais/item/4032-pnld-2015>>. Acesso em: 5 maio 2015.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto, 2010.

CANGUILHEM, G. El objeto de la historia de la ciencia. **Revista de metodología de ciencias sociales**, n. 18, 2009. p. 195–210.

KRAGH, H. **Introdução à historiografia da ciência**. Porto: Porto, 2001.

LOPES, A. R. C. Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. **Química Nova na Escola**, n. 2, 1995. p. 7–9.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MARTINS, R. A. Ciência *versus* historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC, 2004. p. 115-145.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular de Química do Estado de Minas Gerais: Fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, 2000. p. 273–283.

PIMENTEL, A. O método da análise documental: seu uso numa pesquisa historiográfica. *Cadernos de Pesquisa*, p. 179–195, 2001.

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. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Unijuí, 2010. p. 159-180.