

Diálogos entre a Interdisciplinaridade e o Episódio Histórico da Fabricação de Soda na Europa dos Séculos XVIII e XIX¹

Dialogues between Interdisciplinarity and the Historical Episode of Soda Manufacturing in Europe in the 18th and 19th Centuries

Diálogos entre la Interdisciplinarietà y el Episodio Histórico de la Fabricación de Sosa en Europa en los Siglos XVIII y XIX

Ivo Bernardi de Freitas (ivobf89@gmail.com)
Universidade Estadual de Campinas
<https://orcid.org/0000-0002-0162-5737>

Adriana Vitorino Rossi (adriana@unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas
<https://orcid.org/0000-0003-1590-2894>

Gildo Giroto Júnior (ggirotto@unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas
<https://orcid.org/0000-0001-9933-100X>

Resumo

Abordagens contemporâneas da interface entre História da Ciência (HC) e Ensino de Ciências pretendem mostrar a ciência como uma atividade humana e socialmente construída. Além desses potenciais, nosso trabalho propõe problematizar a HC como reveladora dos diversos diálogos e da ampla rede de conhecimentos científicos em que um dado episódio histórico da ciência se insere, buscando contribuir para desfragmentar o ensino escolar, principal crítica dos teóricos que advogam pela interdisciplinaridade no ensino. Além dos diálogos entre a HC e a interdisciplinaridade, buscamos também diálogos entre a HC, a contextualização e as abordagens pedagógicas que buscam relacionar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA). Para isso, realizamos uma Pesquisa Histórica em fontes secundárias sobre o episódio da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, um caso importante que ajuda a entender a ascensão da indústria química no mundo contemporâneo e suas conjunturas sociais e ambientais. A partir do material dessas fontes, construímos uma narrativa e

¹Este artigo é uma versão ampliada e rediscutida do trabalho publicado nos Anais do XX Encontro Nacional de Ensino de Química realizado de forma virtual entre os dias 8 e 11 de março de 2021.

através de critérios extraídos de nossos referenciais teóricos, procuramos evidenciar os diálogos existentes entre os conhecimentos científicos, seus diversos contextos, o papel coletivo da atividade científica e tecnológica e seu caráter mutável, contribuindo para pensar a interdisciplinaridade, a contextualização e as abordagens CTSA. Nossos resultados reforçam que o episódio histórico não pode ser compreendido em sua totalidade apenas a partir da disciplina escolar Química, pois conceitos de outras disciplinas são necessários para a compreensão dos seus diversos contextos, como a Revolução Industrial, a Revolução Francesa, a extração da soda a partir de fontes naturais, os processos físicos nas fábricas e os diversos contextos em que a ascensão das indústrias de soda se inseriu. Dessa forma, destacamos o potencial de se promover práticas interdisciplinares e contextualizadas no ensino a partir da HC.

Palavras-chave: História da Ciência. Interdisciplinaridade. Fabricação de Soda.

Abstract

Contemporary approaches to the interface between History of Science (HS) and Science Teaching intend to show science as a human and socially constructed activity. In addition to these potentials, our work proposes to problematize HS as revealing the various dialogues and the wide network of scientific knowledge in which a given historical episode of science is inserted, seeking to contribute to defragment school teaching, the main criticism of theorists who advocate for interdisciplinarity in teaching. In addition to dialogues between HS and interdisciplinarity, we also seek dialogues between HS, contextualization and pedagogical approaches that seek to relate science, technology, society and environment (STSE). For this, we carried out a Historical Research in secondary sources about the episode of soda manufacturing in Europe in the 18th and 19th centuries, an important case that helps to understand the rise of the chemical industry in the contemporary world and its social and environmental circumstances. Based on the material from these sources, we built a narrative and, using criteria extracted from our theoretical references, we sought to highlight the existing dialogues between scientific knowledge, its different contexts, the collective role of scientific and technological activity and its changing character, contributing to thinking interdisciplinarity, contextualization and STSE approaches. Our results reinforce that the historical episode cannot be understood in its entirety only from the Chemistry school subject, as concepts from other subjects are necessary to understand its different contexts, such as the Industrial Revolution, the French Revolution, the extraction of soda from natural sources, the physical processes in the factories and the different contexts in which the rise of the soda industries was inserted. Thus, we highlight the potential to promote interdisciplinary and contextualized practices in teaching based on HS.

Keywords: History of Science. Interdisciplinarity. Soda Manufacturing.

Resumen

Los enfoques contemporáneos de la interfaz entre la Historia de la Ciencia (HC) y la Enseñanza de las Ciencias pretenden mostrar la ciencia como una actividad humana y socialmente construida. Además de estas potencialidades, nuestro trabajo propone problematizar la HC como reveladora de los diversos diálogos y la amplia red de conocimientos científicos en los que se inserta un determinado episodio histórico de la ciencia, buscando contribuir a desfragmentar la enseñanza escolar, principal crítica de los teóricos que abogan por la interdisciplinariedad en la enseñanza. Además de los diálogos entre HC e interdisciplinariedad, también buscamos diálogos entre HC, contextualización y enfoques pedagógicos que buscan relacionar ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (CTSA). Para ello, realizamos una Investigación Histórica en fuentes secundarias sobre el episodio de la fabricación de sosa en Europa en los siglos XVIII y XIX, un caso importante que ayuda a comprender el auge de la industria química en el mundo contemporáneo y sus circunstancias sociales y ambientales. A partir del material de estas fuentes, construimos una narrativa y, utilizando criterios extraídos de nuestras referencias teóricas, buscamos resaltar los diálogos existentes entre el conocimiento científico, sus diferentes contextos, el rol colectivo de la actividad científica y tecnológica y su carácter cambiante, contribuyendo al pensamiento de la interdisciplinariedad, contextualización y enfoques CTSA. Nuestros resultados refuerzan que el episodio histórico no puede entenderse en su totalidad solo desde la asignatura de la escuela de Química, ya que son necesarios conceptos de otras asignaturas para entender sus diferentes contextos, como la Revolución Industrial, la Revolución Francesa, la extracción de sosa de fuentes naturales, los procesos físicos en las fábricas y los diferentes contextos en los que se insertó el auge de las industrias de sosa. Así, destacamos el potencial para promover prácticas interdisciplinarias y contextualizadas en la enseñanza basada en la HC.

Palabras clave: Historia de la Ciencia. Interdisciplinariedad. Fabricación de Sosa.

Introdução

A organização do conhecimento escolar tem tido a supremacia da disciplinaridade e da fragmentação do conhecimento. Bernstein (1996) critica essa organização argumentando que ela resulta na incapacidade de se dar conta dos problemas sociais que envolvem os estudantes. Nesse sentido, entendemos que um movimento a favor do combate a fragmentação do conhecimento favorece o diálogo

entre os conteúdos escolares, proporcionando a flexibilização das fronteiras disciplinares.

Entendemos diálogo, conceito central de nossa pesquisa, no sentido que Mortimer e Scott (2002) empregam para diferenciar discurso dialógico de discurso de autoridade. Segundo os autores, uma abordagem comunicativa pode ser interativa, no sentido de envolver a participação de mais de um indivíduo, mas não necessariamente é dialógica. O que caracteriza o diálogo é a consideração de diferentes pontos de vista e uma interrelação de ideias, independente da comunicação ser produzida por um grupo de pessoas ou por um indivíduo solitário.

Os diálogos que procuramos entre as disciplinas não se configuram em uma mera interação, mas em um processo no qual duas ou mais disciplinas colaboram, considerando suas diferentes vozes, para entender uma situação complexa que seria impossível sem a construção dessa interface.

Buscando tais diálogos no Ensino de Ciências, entendemos que a História da Ciência (HC) constitui um campo do conhecimento cujo objeto de estudo é a forma de elaboração, transformação e socialização dos conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades em diferentes épocas e culturas (Beltran et al., 2014). Diferentes pesquisadores destacam que a interface entre HC e ensino pode possibilitar discutir em sala de aula o papel da ciência na sociedade; seu processo de construção (Peron & Guerra, 2021); a dimensão humana, coletiva, social e cultural da ciência; o caráter de transformação do conhecimento científico; permite relacionar os empreendimentos científicos com seus contextos políticos, históricos, sociais, culturais e econômicos (Forato et al., 2011; Moura, 2014; Moura & Guerra, 2016); e compreender os entrelaçamentos entre as diversas atividades humanas (Gil-Pérez et al., 2001); além de oportunizar a discussão não somente dos conceitos científicos já estabelecidos, mas também questões *sobre* ciência (Adúriz-Bravo, 2015; Allchin, 2011, 2013; Hodson, 2014; Irzik & Nola, 2011).

As abordagens contemporâneas da HC assumem o conhecimento científico como uma construção social e uma atividade humana passível de transformações. Uma decorrência disso é considerar a ciência como patrimônio cultural, assim como a música, a literatura e as artes. Dessa forma, compreender a ciência é um modo de

compreender a natureza, reconhecer-se nela, devendo ser direito de todos apreciá-la e apreendê-la, valorizando a participação cidadã nas discussões científicas (Beltran & Trindade, 2017). Considerando esta abordagem, destacamos que entendemos o Ensino de Ciências como um processo de enculturação científica, porque também considera o conhecimento científico como socialmente construído, validado e comunicado dentro da cultura. Aprender ciências seria então um processo de enculturação, já que o conhecimento científico é discursivo e desenvolvido à medida que os indivíduos convivem dentro de uma cultura (Driver et al., 1999). Tal característica, possibilita aos estudantes compreender que os conhecimentos científicos não estão distanciados das necessidades da sociedade, nem do contexto histórico à sua elaboração, sofrendo e influenciando as ideias da época (Beltran et al., 2010; Beltran & Trindade, 2017).

Ao considerarmos os aspectos relacionados a interdisciplinaridade, buscando estabelecer diálogos com a HC, as perspectivas teóricas apontam para a busca de elementos que permitam enfrentar uma visão fragmentada nas atividades de socialização do conhecimento para representar melhor uma realidade complexa (Millar, 2020). Concordamos com Lück (2007) que a interdisciplinaridade escolar busca diálogos entre as disciplinas para se estudar um objeto de estudo comum, com o intuito de superar essa visão fragmentada da realidade, ainda considerando a formação específica das disciplinas.

Entendemos também que outra forma de fragmentação ocorre quando extraímos os conceitos científicos de seus contextos, o que, muitas vezes, culmina na ausência de significados importantes. Dessa forma, dialogamos com os pesquisadores da área de ensino que advogam pelas potencialidades da contextualização, tecendo críticas ao ensino fragmentado (Wartha et al., 2013). Para Machado (2005), contextualizar “significa enraizar uma referência em um texto, de onde fora extraída, e longe do qual perde parte substancial de seu significado” (p. 53). O autor propõe a concepção do conhecimento como uma rede de significados, onde não há um centro, apenas infinitas relações entre os conhecimentos e seus contextos. Associando a vida a uma rede de significados, uma densa teia como em um longo texto, nos conduz a uma aproximação dos temas escolares e à realidade. Destarte, a contextualização se apresenta como fomentadora de uma melhor compreensão da realidade pelos estudantes já que os

conhecimentos científicos estão atrelados aos seus diversos contextos. O conhecimento contextualizado dá suporte ao entendimento e enfrentamento de situações problemáticas locais ou globais (Silva & Marcondes, 2010).

Podemos perceber outro tipo de crítica à fragmentação quando se discute o ensino pautado nas ideias do estudo das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), em que se defende que os conceitos científicos não podem ser desconectados de suas diversas dimensões tais como científica, histórica, filosófica, ética, política, econômica, cultural, artística, social e ambiental (Oliveira & Kiouranis, 2020; Praia et al., 2007; Silva et al., 2019).

Neste ponto propomos que, além das potencialidades já destacadas do uso da HC no Ensino de Ciências, essa também poderia auxiliar, através dos diálogos mencionados, revelando objetos de estudo potencialmente interdisciplinares, contextualizados e que revelam as relações CTSA. Desta forma, consideramos que a HC, na perspectiva abordada neste texto, pode contribuir para um Ensino de Ciências mais humanizado e menos fragmentado.

Diante do exposto, pretendemos neste trabalho fomentar propostas interdisciplinares para o Ensino de Ciências, envolvendo e correlacionando referenciais da HC, da interdisciplinaridade, da contextualização e das propostas envolvendo CTSA, propondo a análise de um episódio histórico da ciência e buscando diálogos entre os conhecimentos científicos e seus diversos contextos. Não é objetivo deste trabalho apresentar uma proposta com formato específico para a sala de aula, mas sim destacar o potencial interdisciplinar que o trabalho com a HC pode subsidiar. Consideramos que o entendimento de todo o processo de um episódio histórico passa pela apreensão de várias disciplinas escolares, e por isso, acreditamos que o trabalho com a HC no Ensino de Ciências pode fornecer subsídios na seleção e organização de objetos de estudo com potencial interdisciplinar e contextualizado.

Procedimentos Metodológicos

Partimos de um episódio da História da Química procurando evidenciar seu potencial interdisciplinar e a densa teia de relações que podem ser estabelecidas entre seus diversos contextos. O caminho que escolhemos para esta pesquisa foi baseado em

uma Pesquisa Histórica utilizando fontes secundárias sobre o episódio da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX. Escolhemos o caminho das fontes secundárias pois nosso objetivo não foi produzir conhecimentos históricos sobre a ciência para serem usados em sala de aula, mas sim produzir conhecimentos em relação a possibilidades interdisciplinares e contextualizadas no ensino a partir da HC usando casos históricos. Consideramos que o entendimento mais denso do processo de industrialização da soda perpassa as barreiras da disciplina escolar Química, além de possibilitar uma reflexão acerca das relações CTSA.

Inicialmente, a partir de uma leitura prévia no livro “História da Química” de Bensaude-Vincent e Stengers (1996), selecionamos um episódio histórico com intrínseco potencial interdisciplinar. Escolher um episódio que trata da formação da indústria pesada química na Europa em um período de industrialização pareceu uma boa opção de episódio com esse potencial, já que buscamos compreender processos físicos e químicos em contextos históricos que moldaram o mundo contemporâneo, como a Revolução Francesa, período importante do desenvolvimento científico, social e cultural. Como as indústrias normalmente impactam a economia e o meio-ambiente, o episódio também apresenta indicativos de contribuição para se pensar as relações CTSA.

Na segunda etapa, após a escolha do episódio, selecionamos os seguintes textos de historiadores da ciência para apoiar a construção de nossa narrativa histórica: *The Discovery of the Leblanc Process* (Gillispie, 1957a) e *The Natural History of Industry* (Gillispie, 1957b); e os livros de História da Química: *The Chemical Revolution* (Clow & Clow, 1952), *The History of Chemistry* (Hudson, 1992) e o já mencionado *História da Química* (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

A narrativa histórica foi construída e o episódio foi analisado relacionando seu potencial interdisciplinar para o ensino escolar com a HC. A partir da contextualização do episódio com auxílio dos textos históricos, foram selecionados e identificados objetos de estudo de diferentes disciplinas escolares, por meio dos quais foram construídos o que chamamos neste texto de diálogos entre os referenciais da interdisciplinaridade, da HC, da contextualização e das propostas CTSA, buscando refletir sobre as potencialidades que o episódio oferece. Relacionando esses referenciais, definimos os

seguintes critérios que buscamos no episódio selecionado, para servir de base para a construção dos diálogos que potencialmente contribuam para a construção de uma proposta que enfrente os processos de fragmentação do conhecimento:

1. Potencializar maior diálogo entre os conteúdos de diferentes disciplinas de maneira geral – do referencial da interdisciplinaridade;
2. Conhecer o caráter humano, social, cultural e coletivo da atividade científica – do referencial da HC;
3. Conhecer o caráter mutável e de transformação do conhecimento científico – do referencial da HC;
4. Relacionar os conhecimentos científicos e tecnológicos com seus diversos contextos de produção – dos referenciais da contextualização e abordagens CTSA.

Dessa forma, construímos o texto sobre o episódio que se segue e inclui os diálogos mencionados, seguindo esses critérios apresentados.

A Fabricação de Soda na Europa

Nos próximos tópicos do texto, pretendemos discutir que o episódio histórico da produção da soda artificial na Europa dos séculos XVIII e XIX, que envolveu a ascensão dos processos Leblanc e Solvay, é intimamente ligado à disciplina escolar Química, mas adentra em uma rede de conhecimentos complexos que, na época, formavam o conhecimento global que se tinha sobre o assunto, mas hoje, e principalmente no contexto de ensino, pode ser considerado de natureza interdisciplinar. A compreensão das reações químicas que envolvem tais processos não são suficientes para entender a complexidade do episódio, que conta com a influência de fatores científicos, políticos, econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais que foram determinantes para a procura de processos sintéticos para substituir a exploração da soda natural que era disponível até então. A compreensão histórica desse episódio pode então se tornar, no contexto escolar, um tema de relevância interdisciplinar, mobilizando o conhecimento de diversas disciplinas escolares.

Cabe destacar que não descreveremos todo o episódio histórico neste trabalho. A partir da leitura das fontes secundárias, selecionamos alguns trechos que consideramos

ter potencial, se aprofundados em contexto de ensino, para promover diálogos interdisciplinares, contextualizados e que promovam abordagens CTSA.

A Ascensão do Processo Leblanc

Dos dois carbonatos explorados durante o século XVIII na Europa, a potassa (carbonato de potássio), era o carbonato obtido de fontes naturais mais importante para as atividades químicas do continente, devido ao menor custo de produção e maior disponibilidade (Clow & Clow, 1952). Como a potassa era obtida, principalmente, a partir das cinzas da madeira, esse cenário foi sendo modificado com a expansão de outros mercados. A disponibilidade da potassa passou a ser limitada devido à expansão das indústrias metalúrgicas que consumiam grandes quantidades de madeira, cuja demanda também aumentou pela expansão das indústrias de sabão e vidro e com o aumento do comércio têxtil (Gillispie, 1957a; Hudson, 1992).

Indo na contramão do declínio da potassa, a soda (carbonato de sódio), era obtida comercialmente pela queima de matérias-primas vegetais costeiras, como o sargaço (uma alga marinha presente em regiões tropicais e subtropicais), a salicórnia (uma planta de folhas verdes em forma de escamas que cresce nas salinas costeiras do Mediterrâneo), as algas *kelp* (que crescem nas costas da Escócia, Irlanda, Noruega e Norte da França), e principalmente a barrilheira, uma planta de folhas espinhosas do litoral da Espanha, nas vizinhanças de Alicante, cujas cinzas continham cerca de 20% a 33% de carbonato de sódio (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Clow & Clow, 1952; Gillispie, 1957a).

As plantas costeiras convertem o cloreto de sódio, presente na água do mar, em oxalato de sódio, tartarato de sódio, ou outro sal orgânico, que sob incineração e lixiviação, produz a soda (Clow & Clow, 1952). A inelasticidade deste suprimento natural, combinada com questões mercantilistas, estabeleceu o incentivo para atender à crescente demanda de um método prático de conversão do sal da água do mar diretamente em soda comercial (Gillispie, 1957a).

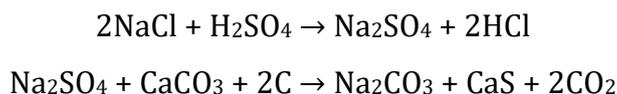
Naquela época, a França importava cerca de dois terços das matérias-primas de que necessitava, sendo altamente dependente do estrangeiro para a obtenção dos carbonatos (Hudson, 1992). Nesse cenário, cresciam as preocupações sobre meios

artificiais de obtenção da soda, sendo uma das propostas, a obtenção a partir do sal marinho. Em 1737, essa perspectiva avançou com os trabalhos de Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), sendo posteriormente realizados ensaios nas fábricas da Grã-Bretanha e da França nos anos 1770. Em 1781, a Academia Real das Ciências da França, oferecendo 2400 libras francesas ao vencedor (Clow & Clow, 1952), lançou um concurso:

encontrar o processo mais simples e mais econômico para decompor em grande escala os sais do mar, extrair o álcali que lhe serve de base, no estado puro, libertado de qualquer combinação ácida ou outra, sem que o valor desse álcali mineral exceda o preço daqueles que se obtém das melhores fontes estrangeiras (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996, p. 229).

O concurso foi vencido por Nicolas Leblanc (1742-1806) em 1789, ano em que se iniciaram as convulsões da Revolução Francesa, enquanto ainda era cirurgião da comitiva científica do Duque de Orléans. Juntos, e com ajuda de Michel-Jean-Jérôme Dizé (1764-1852) e Henri Shée (1739-1820), montaram uma fábrica em Saint-Denis, que tinha fácil acesso aos carregamentos de calcário de Meudon (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Gillispie, 1957a, 1957b).

Em 1791, Leblanc obteve uma das primeiras patentes de propriedade industrial votada pela Assembleia Constituinte. O processo Leblanc, em termos contemporâneos, pode ser descrito da seguinte forma: em um grande recipiente de chumbo perfurado com um tubo para a saída de gases, faz-se a reação do cloreto de sódio com o ácido sulfúrico produzindo sulfato de sódio e liberação do ácido clorídrico. Depois, mistura-se o sal obtido com calcário e carvão sob aquecimento em um forno refratário para a produção da soda, liberando gás carbônico e produzindo sulfeto de cálcio. Bastando então uma terceira etapa e aproveitando as diferenças de solubilidade dos subprodutos, utiliza-se a filtração, lixiviação, evaporação e cristalização da mistura, obtendo-se finalmente a soda artificial (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Clow & Clow, 1952; Hudson, 1992).



Diálogos Interdisciplinares

As discussões aqui realizadas buscam se alinhar ao critério 1 elencado em nossa proposta para análise e construção de diálogos interdisciplinares. Dessa forma, buscamos neste tópico *potencializar maior diálogo entre os conteúdos de diferentes disciplinas de maneira geral*.

Na descrição da narrativa, observamos um bom exemplo de como um episódio histórico da ciência, mesmo com clara marcação disciplinar ao tratar da fabricação da soda, objeto de estudo da Química, insere-se em um contexto com potencial interdisciplinar para o ensino escolar. Entendemos que para a compreensão adequada da ascensão do processo Leblanc, não basta representá-lo apenas por suas equações químicas.

Passamos por uma descrição técnica de uma transformação química que envolve calor (interação entre matéria e energia), e um entendimento sobre processos de separação, caracterização e purificação de substâncias químicas de interesse no processo produtivo. No contexto escolar, destacamos o potencial de trabalhar os conceitos de transformação química, leis ponderais, cálculo estequiométrico, propriedades das substâncias e métodos de separação de misturas no sistema produtivo.

Destacamos ainda o potencial de problematizar a produção de subprodutos indesejáveis, como ácido clorídrico (HCl) e sulfeto de cálcio (CaS) e, também, o trabalho com uma reação de oxirredução. No caso do uso do calcário e da combustão do carvão, se apresenta interessante a abordagem do ciclo do carbono, problematizando os efeitos da liberação antrópica de CO₂ na atmosfera. Os diferentes processos de troca de calor, conservação de energia e leis da termodinâmica, objetos de estudo da Física, também podem ser explorados no processo Leblanc.

Em termos históricos, emergem importantes contextos e conceitos que podem ser aprofundados em uma abordagem escolar, como: Revolução Francesa; Revolução Industrial e seus desdobramentos (Gillispie, 1957b); questões do iluminismo; princípios do liberalismo econômico; e impactos na geração e circulação de produtos industrializados.

Dentro do contexto reportado, é possível explorar questões sobre características fisiológicas dos vegetais, biodiversidade, organismos, populações e ecossistemas, sobre

as características necessárias para a extração da soda e da potassa desses vegetais, objetos de estudo da Biologia. As diferentes condições climáticas e geográficas da vegetação tratada, os conceitos de importação, recursos estratégicos, o processo de urbanização e crescimento demográfico e suas consequências na Europa do século XVIII, as relações geopolíticas entre os países, dentre outros temas, também podem ser trabalhadas na perspectiva da Geografia e da Sociologia.

Deste modo, advogamos que para o entendimento adequado da ascensão do processo Leblanc, é necessário a abordagem de objetos de estudo de diferentes disciplinas escolares. A complexidade do episódio só pode ser estudada adequadamente através desse diálogo. Os assuntos não aparecem fragmentados de um modo que cada disciplina tenha seu espaço delimitado, nem existe o desdém por essas, já que é a partir de cada uma delas que se pode compreender essa situação concreta.

Diálogos com a História da Ciência

Este tópico foi construído na tentativa de identificar se o episódio histórico cumpre os requisitos estabelecidos para satisfazer os critérios 2 (*conhecer o caráter humano, social, cultural e coletivo da atividade científica*) e 3 (*conhecer o caráter mutável e de transformação do conhecimento científico*) de nossa proposta de estudo.

Nesse sentido, cabe mencionar que o processo Leblanc não foi o primeiro a ser proposto. Antes da proposta de Leblanc, dezenas de processos de laboratório para converter cloreto de sódio em soda já eram conhecidos. Pelo menos sete deles foram testados em larga escala, e a soda vinha sendo produzida em pelo menos cinco estabelecimentos. O problema é que a produção apresentava alto custo e a soda artificial não conseguia competir com a soda obtida naturalmente da barrilheira que a França importava da Espanha. Em todos os casos, os obstáculos pareciam ser econômicos e não técnicos (Gillispie, 1957a).

Dessa forma, objetos de estudo caros à HC podem emergir, uma vez que entender como o processo Leblanc ganhou destaque na França constitui uma reflexão acerca da ciência sendo construída através de interesses específicos da época, passando por questões sociais, culturais, políticas e ambientais.

Outra questão que pode surgir desse episódio é problematizar a imagem de cientistas como gênios solitários. Enquanto Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) é conhecido como o pai da Química Moderna, Leblanc, seu contemporâneo, é conhecido como o pai da Química Industrial, tendo ambos tido destinos trágicos durante a Revolução. A questão que pode ser explorada neste contexto é que tanto Lavoisier como Leblanc eram homens de seu tempo, inseridos em contextos de interesses nos quais, no caso de Leblanc, a produção da soda a partir do sal marinho já era largamente estudada. Assim como Lavoisier, Leblanc deixou sua contribuição em meio a tantas outras e participou do longo processo de invenção da produção artificial da soda.

A circunstância da morte desses dois personagens também pode ser abordada. Por um lado, Lavoisier, guilhotinado, foi tratado como mártir, como se o processo revolucionário houvesse sido colocado contra os avanços da ciência. Por outro, Leblanc se suicidara sem ganhar a devida importância entre seus sucessores. O embargo das outras potências monárquicas e a guerra revolucionária seriam os motores que impulsionaram o processo Leblanc. Dessa forma, duas lógicas contraditórias operam nessas historiografias: por um lado, o processo revolucionário parece ter se colocado contra os avanços da ciência, interrompendo a vida de uma *mente brilhante*; por outro, a revolução representou o próprio motor de arranque para uma inovação técnica (Gillispie, 1957a).

Outro aspecto contraditório que pode ser explorado nesse episódio são as diferentes historiografias sobre as circunstâncias do suicídio, em 1806, do médico francês. Auguste Anastasi (1820-1889), seu bisneto, relata um Leblanc solitário, vítima dos decretos revolucionários que espoliaram sua próspera fábrica em Saint-Denis que havia sido erguida graças ao suporte financeiro do Duque de Orléans. Como o governo decidiu tornar o processo Leblanc público para satisfazer necessidades da guerra, sua fábrica teria sido considerada bem nacional, seus direitos de inventor retirados e seu patrocinador guilhotinado. Além disso, Anastasi relata que Leblanc havia sido traído por seus colegas, arruinado pelos concorrentes e suas reivindicações e lamentações não ouvidas pelo poder público, o que o empurrou ao suicídio (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

Por outro lado, historiadores contemporâneos (Gillispie, 1957a) apresentam aspectos distintos. Aparentemente, a fábrica de Saint-Denis não foi fechada de forma abrupta por um decreto, visto que, desde o verão de 1793, sua produção já estava quase parada. Devido à falta de ácido sulfúrico (já que o enxofre e o salitre eram destinados aos esforços de guerra) e de dinheiro, a fábrica nunca teria atingido estado de pleno funcionamento. Ainda, segundo os historiadores, Leblanc parece ter sido bem tratado pelos colegas do Comitê de Segurança Pública, que procuraram encontrar meios para gerir a fábrica de modo a atender os interesses de Leblanc e da República da melhor forma possível. Leblanc também nunca fora privado de sua patente, apenas foi lhe tirado o privilégio de mantê-la em segredo.

Finalmente, o processo Leblanc não era o único a propor soluções para a produção da soda a partir do sal marinho, e sua superioridade ainda não era reconhecida por seus contemporâneos, que consideravam o uso do ferro superior ao calcário, devido à sua maior afinidade pelo enxofre. Sua soda com odor hepático, devido aos resíduos de enxofre, também era censurada. Apesar disso, relatórios do Comitê de Segurança Pública apontavam vários aspectos positivos do processo, sublinhando técnicas passíveis de serem utilizadas em circunstâncias locais, graças a proximidade do calcário de Meudon. De fato, o processo só se tornou competitivo em relação à soda natural em 1807, quando foram abolidas as taxas sobre o sal marinho e mantiveram barreiras alfandegárias sobre a soda estrangeira (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Gillispie, 1957a).

Sem a preocupação em escolher qual das historiografias é verdadeira, compará-las contextualiza como a história também é sujeita a interpretações diferentes. Deste modo, as questões levantadas mostram também as possibilidades de compreender, a partir deste episódio, o caráter social do desenvolvimento científico. O trabalho de homens e mulheres da ciência, assim como toda atividade humana, não acontece à margem dos problemas sociais vigentes, sendo influenciado por circunstâncias dos momentos históricos vivenciados. Portanto, a ideia de fazer ciência, não cabe a gênios solitários, desligados da realidade.

Diálogos com a Contextualização e as Abordagens CTSA

Este tópico busca alinhamentos ao critério 4 de nossa proposta de estudo, *relacionar os conhecimentos científicos e tecnológicos com seus diversos contextos de produção*, potencialmente promovendo a contextualização e as abordagens CTSA no ensino.

Viajando além no episódio, podemos ampliar as discussões sócio, político e ambientais que o episódio, originalmente “químico”, oferece.

Ao longe, o ar tingem-se com vapores avermelhados e poeiras, depois torna-se acre, nauseabundo, irritante. As casas da localidade, cada ano mais numerosas, fecham-se umas sobre as outras, como se quisessem voltar as costas à fábrica de soda. Mas como esquecer o enorme complexo industrial no fundo do vale, que aspira toda manhã um cortejo de pobres operários (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996, p. 227)?

A descrição acima pode ser um interessante excerto para a contextualização do tema. Vemos a questão do crescimento demográfico europeu, característico do século XVIII e a formação da indústria pesada. O tema ambiental também pode ser introduzido junto às relações e condições de trabalho característicos da época.

A continuação da análise de nosso episódio mostra uma boa oportunidade para tratar as relações CTSA. Isso porque a integração da indústria de soda com outras fábricas, desenvolvendo a indústria pesada, mobilizou uma série de processos técnicos complexos, que envolveram diretamente o meio-ambiente. Cada material gerava uma necessidade de matérias-primas diferentes e um meio para encontrar um fim para os subprodutos, implicando em uma complexa rede de indústrias levando à dependência e à expansão. A seguir descrevemos alguns exemplos.

Na França, o principal consumidor da soda do processo Leblanc era a indústria de vidros de Saint-Gobain (Clow & Clow, 1952). O enxofre liberado no processo podia ser recuperado para fabricar novamente ácido sulfúrico, matéria-prima do processo. O ácido clorídrico, subproduto que era prejudicial para os habitantes, para as colheitas e para a criação de animais, também passou a ser recuperado como produto de branqueamento necessário ao complexo de indústrias têxteis (Hudson, 1992). Todos esses ramos foram sofrendo inovações técnicas conjugadas com as inovações que as fábricas de soda iam sofrendo (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

A invenção da câmara de chumbo para a produção de ácido sulfúrico pode ser explorada como um exemplo de como ciência e tecnologia confluem (Clow & Clow, 1952). Esta inovação técnica permitiu a produção em larga escala desse ácido por dois processos amplamente estudados da química do século XVIII: a combustão do enxofre com salitre, e a formação de gases que eram condensados em um recipiente de água ao fundo onde se formava o ácido sulfúrico. Depois de algum tempo, essa reação seria melhor compreendida teoricamente, introduzindo inclusive o inovador conceito de catálise (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

Na indústria de branqueamento de tecidos o impulso para o desenvolvimento técnico partiu primeiramente de desenvolvimentos nos laboratórios químicos (Clow & Clow, 1952). Graças a esforços no século XVIII pela compreensão da química do oxigênio, a oxidação do ácido clorídrico já era conhecida pelos químicos. Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), em 1774, ao estudar a ação do HCl sobre o óxido de manganês, descreveu a formação de um novo gás, o ácido marinho deflogisticado (mais tarde sendo descrito como o gás cloro, Cl₂). Incorporando as novas ideias de Lavoisier, Claude Berthollet (1748-1822) rebatizou o gás de ácido muriático oxigenado, publicando em 1786 um estudo sobre suas propriedades descorantes (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Hudson, 1992).

Manipular e transportar gás cloro, porém, era perigoso, o que levou à procura de produtos menos nocivos. Antoine Baumé (1728-1804), propôs uma mistura de HCl e álcool, enquanto Léonard Alban (1740-1803), em uma manufatura em Javel, propôs misturar Cl₂ com KOH, criando a água de Javel, um líquido esbranquiçado. Com o encarecimento deste produto, a investigação continuou na Escócia e na Inglaterra, levando a invenção por Charles Macintosh (1766-1843) de um pó esbranquiçado, uma mistura de Cl₂ com Ca(OH)₂, patenteada pela empresa de Charles Tennant (1768-1838), um comerciante de Glasgow, em 1797 (Clow & Clow, 1952). Esse produto passou a alimentar e fomentar o sucesso da indústria têxtil na Inglaterra, onde o pó esbranquiçado passou a aumentar consideravelmente a velocidade do branqueamento do algodão em relação ao processo natural. O processo dessa operação diminuiu de meses ao sol para horas com o produto químico (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Hudson, 1992).

Interações entre cientistas, indústrias e poder público nesse período histórico também podem ser abordadas. O arranque e a diversificação dos produtos químicos que o processo Leblanc ajudou a alavancar, provocaram o interesse dos industriais, donos dos meios de produção, pelo conhecimento dos cientistas, para aperfeiçoar os processos industriais. Estes também influenciavam e eram influenciados pela política nacional com seus interesses.

Um exemplo é o caso de Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), que sugeriu uma inovação no processo de fabricação de ácido sulfúrico na companhia de Saint-Gobain, utilizando uma torre para recuperação dos óxidos de nitrogênio que seriam reutilizados para a oxidação do enxofre no processo. Nesses casos, os cientistas deveriam ceder todos os direitos sobre as patentes aos empresários, que lucravam e mantinham monopólios na França. Essa situação também gerou articulações políticas, como exemplo, quando Gay-Lussac e outros pleitearam a diminuição das taxas sobre o sal marinho e interferiram nas condições de trabalho nas fábricas. Inseriram o conceito de insalubridade na saúde dos operários e requereram a abolição do trabalho infantil, sendo abolido apenas o trabalho noturno de crianças com menos de 13 anos em 1841 (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

A ascensão do processo Solvay também representa uma boa oportunidade para trabalhar as relações CTSA no Ensino de Ciências. Na França e na Inglaterra, inspirados pelos trabalhos com os gases desenvolvidos nos séculos XVIII e XIX, surgiu a ideia de utilizar os gases da queima da madeira como forma de iluminação (Hudson, 1992). Enquanto a ideia não se propagou muito na França, na Inglaterra foram formadas companhias de iluminação que produziam o gás a partir da calcinação do carvão mineral inglês. As fábricas de gás passaram então a se expandir e jogar nos rios resíduos do alcatrão de hulha e águas amoniacais, gerando um problema ambiental (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

Em relação à amônia residual, apareciam regularmente nas colunas da *Gas Gazette* pequenos anúncios oferecendo-os para quem pagasse mais. Pensou-se então em utilizar esses resíduos na produção de soda. Já se conheciam as leis de Berthollet para a produção da soda a partir do bicarbonato de amônio e do sal marinho desde o início do século XIX (Hudson, 1992), mas as dificuldades técnicas de produção em larga escala

eram muitas, sobretudo em um período em que as fábricas de soda Leblanc prosperavam na Inglaterra (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

O jovem belga Enerst Solvay (1838-1922) não estudou em uma universidade, nem frequentou grandes laboratórios, mas conhecia bem as reações de Berthollet por ter trabalhado na indústria de sal do pai. Era sensível ao problema ambiental dos resíduos de amoníaco por ter trabalhado também na indústria de gás do tio, a *Gas Company of Saint Josse ten Noord*, em Bruxelas. Solvay montou com seu irmão, financiado pela família, uma fábrica de soda, perto de Charleroi, em 1863, a partir do bicarbonato de amônio, desconhecendo os insucessos de seus antecessores. Para cada dificuldade técnica, Solvay, ia propondo uma nova invenção tecnológica, depositando patentes e resolvendo os problemas técnicos (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996).

Um exemplo: as dificuldades da carbonatação da salmoura amoniacal, resolvidas em 1868. Para garantir uma boa absorção do gás amoníaco pelo NaCl em solução, era preciso assegurar um bom contato entre o líquido e o gás e dissipar o calor liberado pela absorção. Solvay propôs o uso de uma coluna de arrefecimento com cem pratos com crivos e chicanas para maior absorção do gás amoníaco na água de salmoura. Ele também introduziu fornos a carvão para recuperar as águas amoniacais e os subprodutos da destilação do alcatrão. Uma grande vantagem do processo Solvay em relação ao Leblanc, é a oportunidade de reciclar amônia e gás carbônico produzindo o bicarbonato de amônio, que é reagente do processo (Bensaude-Vincent & Stengers, 1996; Hudson, 1992).

Observamos a ascensão do processo Solvay além da área da Química, em uma complexa rede de transformações e avanços na tecnologia, nas ciências físicas e entre interesses sociais e ambientais da época. Com a instalação de fábricas de soda Solvay na Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos, a França foi perdendo a competição e as fábricas de Leblanc perderam cada vez mais o protagonismo e foram fechadas.

Em nosso entendimento, o trabalho com esse episódio não se limita a pitadas de temas sociais ou ambientais maquiando o ensino de conteúdos científicos. O episódio mostra, a todo momento, a ciência como atividade humana e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais e ambientais.

Conclusão

A proposta deste trabalho foi narrar um dado episódio histórico da ciência buscando identificar potencialidades para o trabalho interdisciplinar no ensino escolar. Como os teóricos que advogam pela interdisciplinaridade no ensino criticam a demasiada fragmentação dos conhecimentos escolares, consideramos que nossa proposta colabora para a contextualização dos conhecimentos científicos e para revelar as relações CTSA que um caso da ciência representa. Para isso, investigamos a história da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX procurando indicar objetos de estudo de diferentes disciplinas que podem ser mobilizados.

Entendemos que o trabalho com um episódio da HC pode propiciar aos estudantes a compreensão da ciência como uma atividade humana e socialmente construída, uma produção coletiva que não é obra de gênios solitários, que há uma íntima relação entre a ciência e a tecnologia, a sociedade e o meio-ambiente, em que cada dimensão influencia a outra em uma complexa rede de relações; e, principalmente, as possibilidades da HC revelar os diálogos entre os conhecimentos científicos na história, contribuindo para uma visão menos fragmentada da produção e socialização do conhecimento.

Cabe ressaltar que esse trabalho não é uma proposta pronta para a sala de aula e nem tem como objetivo resolver as dificuldades para a implementação da interdisciplinaridade no ensino escolar. Pretendemos oferecer subsídios para fomentar discussões sobre interdisciplinaridade, sob a perspectiva da HC. São de nosso conhecimento, pelos trabalhos reportados na literatura, os entraves que a prática interdisciplinar enfrenta no cotidiano escolar o que têm minado possibilidades e potencialidades da interdisciplinaridade para o ensino. O currículo engessado, linearizado, fragmentado e descontextualizado representa algumas das dificuldades que os professores normalmente enfrentam para praticar a interdisciplinaridade. Essas dificuldades são materializadas nos espaços escolares bem definidos, nos materiais didáticos e na própria formação disciplinar dos professores.

Este trabalho surgiu a partir do reconhecimento desses entraves e pensando na dificuldade de selecionar e organizar o conhecimento na escola de forma interdisciplinar. Objetivamos buscar reconhecer que, em um dado episódio histórico, o

conhecimento científico apresenta-se como em uma rede de conhecimentos (em contraponto à imagem do conhecimento linear), com uma complexa relação com seus contextos. Dessa forma, a HC torna-se uma boa aliada da interdisciplinaridade no Ensino de Ciências no que diz respeito à seleção e organização do conhecimento de forma contextualizada e menos fragmentada.

Para isso, analisamos e selecionamos objetos de estudo de diferentes disciplinas através de diálogos entre os referenciais da HC, da interdisciplinaridade, da contextualização e das propostas CTSA. A seleção de episódios, textos e conteúdos realizada nesse trabalho é apenas parte do processo na direção da interdisciplinaridade, que apenas a inicia; ainda é preciso articular, sequenciar e trabalhar essas dimensões de forma lógica e articulada para fazer sentido em uma situação de ensino e aprendizagem considerando as especificidades de cada ambiente escolar. Acreditamos que a contribuição deste trabalho consiste na tentativa de seleção e organização do conhecimento de forma menos fragmentada com auxílio da HC, inserindo-se nas discussões sobre a interdisciplinaridade, sem esgotá-las.

Referências

- Adúriz-Bravo, A. (2015). Teaching the nature of science with scientific narratives. *Interchange*, 45, 167-184. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9229-7>.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>.
- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of Science: Perspectives and resources*. SHiPS Education Press.
- Beltran, M. H. R., Saito, F., & Trindade, L. S. P. (2010). *História da Ciência: Tópicos Atuais*. Editora Livraria da Física.
- Beltran, M. H. R., Saito, F., & Trindade, L. S. P. (2014). *História da Ciência para formação de professores*. Editora Livraria da Física.
- Beltran, M. H. R., & Trindade, L. S. P. (2017). *História da Ciência e Ensino: Abordagens Interdisciplinares*. Editora Livraria da Física.
- Bensaude-Vincent, B., & Stengers, I. (1996). *História da Química*. Instituto Piaget.
- Bernstein, B. (1996). *A estruturação do discurso pedagógico*. Vozes.
- Clow, A., & Clow, N. L. (1952). *The Chemical Revolution: A Contribution to Social Technology*. Batchworth Press.

- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, 31-40. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>.
- Forato, T. C. M., Pietrocola, M., & Martins, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>.
- Gil-Pérez, D., Fernandez, I. M., Carrascosa, J. A., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.
- Gillispie, C. C. (1957a). The Discovery of the Leblanc Process. *Isis*, 48(2), 152-170. <https://doi.org/10.1086/348560>.
- Gillispie, C. C. (1957b). The Natural History of Industry. *Isis*, 48(4), 398-407. <https://doi.org/10.1086/348606>.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>.
- Hudson, J. (1992). *The History of Chemistry*. Macmillan Press.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for Science education. *Science & Education*, 20, 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>.
- Lück, H. (2007). *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos* (15^a ed.). Vozes.
- Machado, N. J. (2005). Interdisciplinaridade e contextualização. In Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, *Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): fundamentação teórico-metodológica* (pp. 41-53). MEC.
- Millar, V. (2020). Trends, Issues and Possibilities for an Interdisciplinary STEM Curriculum. *Science & Education*, 29, 929-948. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00144-4>.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>.
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46. https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1932.
- Moura, C. B., & Guerra, A. (2016). História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 725-748. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4497>.
-

- Oliveira, R. S., & Kiouranis, N. M. M. (2020). Análise dos Projetos Pedagógicos dos Cursos de Licenciatura em Química Paranaenses: As Compreensões Tecidas à Luz do Enfoque CTSA. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 1001-1030. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u1001030>.
- Peron, T. S., & Guerra, A. (2021). Construindo a Caixa-Preta da Dualidade Onda-Partícula de Louis de Broglie em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, 1-30. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u130>.
- Praia, J., Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>.
- Silva, C. S. S., Prochnow, T. R., Pellegrini, G., & Bizzo, N. (2020). Pesquisa de Percepções de Estudantes do Ensino Médio sobre os Desafios Ambientais. *Ciência & Educação*, 26, 1-14. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200020>.
- Silva, E. L., & Marcondes, M. E. R. (2010). Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. *Revista Ensaio*, 12(1), 101-118. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120107>.
- Wartha, E. J., Silva, E. L., & Bejarano, N. R. R. (2013). Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 84-91. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf.

Submetido em: 23/07/2021 **Aceito em:** 14/10/2021 **Publicado em:** 17/11/2021