

Múltiplos domínios na análise de um caso histórico das ciências: potencial interdisciplinar para o Ensino de Ciências

The interdisciplinary potential for Science Education in multiple domains of a historical science case analysis

 Ivo Bernardi de Freitas¹

 Gildo Giroto Júnior¹

¹Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto de Química, Campinas, SP, Brasil.
Autor correspondente: ivobf89@gmail.com

Resumo: Neste estudo propomos a abordagem dos múltiplos domínios do conhecimento para análise, compreensão, caracterização e planejamento de práticas interdisciplinares no Ensino de Ciências, utilizando o episódio histórico da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX como exemplo e objeto de análise. Defendemos que episódios históricos das ciências têm potencial interdisciplinar no ensino e aprendizagem de ciências, requerendo uma compreensão de seus domínios econômico, ambiental, social e científico. A pesquisa é baseada em fontes históricas secundárias seguida de análise pelos múltiplos domínios e, a partir dela, destacamos a importância de explorar não apenas o domínio científico, mas também os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Na escola, acreditamos que essa abordagem deve envolver diferentes disciplinas. Recomendamos a aplicação dessa abordagem teórico-analítica para o planejamento e avaliação de temáticas interdisciplinares, emergentes de episódios históricos ou temáticas contemporâneas.

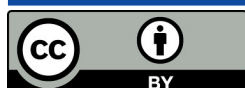
Palavras-chave: Interdisciplinaridade; História das Ciências; Ensino de Ciências; Múltiplos domínios.

Abstract: We propose the multiple domains of knowledge approach to analyze, comprehend, define, and plan interdisciplinary practices in science education. For example, we turn to the historical episode of soda manufacturing in Europe during the 18th and 19th centuries. We argue that scientific historical episodes have the potential for interdisciplinary science processes of teaching and learning, provided that their economic, environmental, social, and scientific domains are comprehended. We emphasize the importance of investigating the scientific domain and the social, cultural, and environmental dimensions, and that this strategy could cover a wide range of subjects in the classroom. Therefore, we recommend using this theoretical-analytical method for planning and evaluating interdisciplinary themes arising from historical episodes or contemporary issues.

Keywords: Interdisciplinarity; History of Science; Science Education; Multiple domains.

Recebido: 27/12/2023

Aprovado: 19/03/2024



Introdução

Apesar da diversidade contemporânea de pesquisas na Educação em Ciências, identificamos como convergentes objetivos comuns de contribuir para uma formação em ciências de qualidade e socialmente referenciada para todas as pessoas, sem exceção. Isso implica garantir o acesso, a participação, o desenvolvimento e a aprendizagem dos conteúdos científicos historicamente sistematizados pela humanidade, valorizando as diversas dimensões humanas, tais como as sociais, étnicas, de gênero, intelectuais, sensoriais, culturais, físicas, entre outras.

Podemos observar essa diversidade e objetivos em temas que têm permeado a produção de conhecimento na área de Educação e Ensino de Ciências, como Educação Ambiental (Cândido; Santos, 2023), Educação para a Sexualidade (Fernandes; Lorenzetti, 2021), estudos sobre Diversidade e Inclusão (Machado; Siqueira, 2020), Relações de Gênero (Hendges; Santos, 2023), estudos das Relações Étnico-raciais (Alves-Brito; Alho, 2022), Decolonialidade (Pinheiro, 2019), Educação do Campo e Agroecologia (Coelho *et al.*, 2021), relações entre Educação e Sustentabilidade (Silva *et al.*, 2020), entre muitos outros.

Para garantir essa educação de qualidade, a Educação em Ciências deve promover a formação crítica, participativa e reflexiva das pessoas (Tenreiro-Vieira; Vieira, 2013), sendo estabelecida como um direito de todos. Como acreditamos que os conhecimentos científicos abrangem aspectos tecnológicos, sociais, econômicos, políticos e ambientais, uma formação crítica também deve incorporar esses elementos. Nesse sentido, consideramos fundamental promover a mobilização da diversidade na escola e fomentar o diálogo entre os diferentes conhecimentos e entre diferentes disciplinas escolares.

Para ilustrar essa necessidade, podemos refletir sobre os debates atuais relacionados à construção de usinas hidrelétricas e nucleares, bem como ao armazenamento de resíduos radioativos. Além disso, há questões como a diminuição da camada de ozônio, o aquecimento global, a produção de hidrogênio verde e os alimentos geneticamente modificados, todos exigindo a contribuição de indivíduos com conhecimentos técnico e científico avançados, além de pesquisa científica rigorosa (Praia; Gil-Pérez; Vilches, 2007).

Contudo, ao considerarmos os desastres ambientais causados pelo afundamento de petroleiros, o rompimento de barragens que continham rejeitos de atividades de mineração nos municípios de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais, ou desafios relacionados a pandemias de novas doenças, concluímos que a dificuldade não está na falta de conhecimento, mas na tomada de decisões políticas que envolvem o bem comum (Junges; Espinosa, 2020).

Portanto, independentemente da carreira que as pessoas escolham seguir, todos se beneficiariam de uma Educação em Ciências sólida, mas que também incorpore aspectos políticos, sociais, ambientais, entre outros, como consideramos ser necessário.

Acreditamos que essas tendências contemporâneas provenientes da academia e a emergência de temas complexos socioambientais que afetam a vida das pessoas exigem diálogos entre diversos conhecimentos. Na escola, isso se traduz pelo diálogo entre diferentes disciplinas, uma vez que disciplinas isoladas no currículo escolar dificilmente proporcionariam uma visão global e contextualizada de todas essas questões.

Entendemos o diálogo no sentido que Mortimer e Scott (2002) conceituam, destacando a diferença entre um discurso dialógico e um discurso de autoridade nas salas de aula de ciências. Na abordagem dialógica, consideram-se diferentes pontos de vista e ideias. Esse processo envolve a colaboração de duas ou mais pessoas, disciplinas, áreas do conhecimento

ou cientistas, considerando suas distintas vozes de maneira horizontal. Esse diálogo é essencial para a compreensão de uma determinada situação, sendo uma abordagem que se baseia na construção conjunta e que seria improvável sem essa troca de ideias e perspectivas.

Reconhecemos que o conceito de diálogo que os autores apresentam faz referência à interação professor-aluno. Na perspectiva dialógica, não apenas os conhecimentos científicos deveriam ser considerados, mas também as experiências, o cotidiano e os saberes dos estudantes. Ao recontextualizar essa ideia para as interações entre as disciplinas escolares, entendemos que as disciplinas devem estabelecer uma interação dialógica entre si, levando em conta não apenas os conhecimentos científicos, mas também os saberes não-científicos. Isso visa proporcionar entendimentos escolares mais críticos que permitam aos estudantes uma melhor compreensão e atuação no mundo.

É por isso que temos dado importância à interdisciplinaridade, considerando a escola como um espaço privilegiado de produção e socialização do conhecimento. Buscamos possibilitar um maior diálogo entre os conteúdos, evitando o isolamento entre as disciplinas escolares. Isso implica promover uma maior interação social e diálogo entre professores, estudantes e outros atores escolares, com o intuito de ampliar o poder do grupo, diluir o controle interno e externo, e evitar o isolamento dos sujeitos (Bernstein, 1996).

Além disso, procuramos considerar o contexto, o cotidiano e a realidade vivida pelos estudantes, reconhecendo seus diferentes códigos (Bernstein, 1996) e os considerando como sujeitos participantes ativos do processo de ensino e aprendizagem. Incentivamos também a participação dos professores na elaboração e planejamento do currículo. A ideia é não renunciar ao trabalho com os conhecimentos sistematizados disciplinares, mas superar o isolamento disciplinar que, por vezes, impede que os estudantes compreendam os problemas socioambientais que os envolvem.

Entendendo as dificuldades em implementar a interdisciplinaridade na escola, sugerimos uma maior integração entre a História das Ciências e a abordagem interdisciplinar no ensino e aprendizagem de ciências. Partimos da premissa de que episódios históricos das ciências, embasados em uma historiografia contemporânea (Forato; Pietrocola; Martins, 2011), podem fornecer suporte para práticas interdisciplinares na escola. Em estudos de temas históricos, é possível evidenciar o diálogo entre diferentes conhecimentos de disciplinas diversas.

Para analisar, planejar e subsidiar práticas interdisciplinares escolares com base na História das Ciências, apresentamos neste trabalho a noção de múltiplos domínios do conhecimento, utilizando o modelo teórico e ferramenta analítica propostos por Barbiéri e Franco (2020). A ideia central dos autores é que as atividades econômicas, foco de estudo deles, só podem ser compreendidas adequadamente quando diferentes áreas do conhecimento são mobilizadas. Essa abordagem visa garantir que os resultados desses estudos promovam políticas públicas sustentáveis.

Acreditamos que a ideia de múltiplos domínios pode ser aplicada para a compreensão, análise e planejamento de práticas interdisciplinares. Neste trabalho, analisamos o caso da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX sob a perspectiva dos múltiplos domínios, com a intenção de discutir que diferentes domínios do conhecimento precisam ser mobilizados para uma compreensão de qualidade das partes e do todo do episódio. Isso demanda o diálogo entre diferentes disciplinas no contexto escolar.

Assim, o propósito deste estudo consistiu em analisar um caso histórico da História das Ciências, utilizando a ferramenta teórico-analítica dos múltiplos domínios. O objetivo principal foi avaliar o potencial dessa abordagem para discutir a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências.

Os múltiplos domínios

Para Barbiéri e Franco (2020), a ciência da sustentabilidade é definida a partir de três características: fenômeno intergeracional, diferentes escalas e multiplicidade de domínios. A primeira característica destaca que a sustentabilidade é um fenômeno que deve perdurar ao longo do tempo, indo além da duração de uma única geração. A segunda característica enfatiza que a sustentabilidade deve abranger diversas escalas, desde o global até o regional e o local. Por fim, a sustentabilidade deve englobar diversos domínios, como o econômico, o ecológico e o sociocultural. O desafio consiste na construção de diálogos entre diferentes áreas do conhecimento para gerar resultados que orientem políticas públicas sustentáveis nos níveis local, regional e global. Neste estudo, utilizaremos somente a característica da multiplicidade de domínios.

Baseados nessa característica, os autores propõem um modelo teórico para facilitar a compreensão de atividades sob a ótica da sustentabilidade, utilizando a análise da atividade da meliponicultura como exemplo. A ideia dos múltiplos domínios é que os aspectos socioeconômicos dessa atividade sejam analisados como se estivéssemos olhando com os olhos compostos de uma abelha. Cada um dos olhos capta um aspecto de uma imagem maior; ou seja, é necessário olhar para as partes e para o todo continuamente para compreender de maneira mais abrangente a meliponicultura. Ainda, a proposta dos múltiplos domínios visa superar o clássico tripé da sustentabilidade que, segundo eles, é insuficiente para analisar as características de atividades econômicas sustentáveis.

Os autores consideram ainda que a meliponicultura só pode ser genuinamente compreendida, a fim de resultar em políticas públicas sustentáveis em diferentes escalas, quando se consideram os diversos domínios econômico, ambiental, social e cultural. Cada domínio é subdividido em pequenas partes, assemelhando-se a recortes nas faces de uma pirâmide. Para compreender cada domínio, é necessário levar em conta os pequenos detalhes na escala micro (recortes das faces) e a amplitude na escala macro (o todo). Essas partes menores constituem um universo muito maior e cada domínio pode ser visto como um pequeno recorte do universo mais amplo da meliponicultura. Essa riqueza de detalhes deve ser abordada de maneira semelhante à observação de uma pirâmide: para compreendê-la, é essencial alterar constantemente o ângulo de visão, examinando cada detalhe.

Para alcançar essa compreensão, os autores advogam a ideia da interdisciplinaridade: a meliponicultura só pode ser abordada adequadamente por diferentes disciplinas, perspectivas e pesquisadores que sejam capazes de transitar entre as escalas micro e macro, movendo-se de suas áreas de conhecimento específicas para escalas mais amplas, de modo a abordar os contextos e os detalhes sem carência de qualidade.

É relevante destacar que, neste estudo, os autores não restringem a discussão da interdisciplinaridade apenas ao estudo da meliponicultura, podendo expandir-se para outros conceitos, fenômenos e atividades. Eles também sugerem a aplicação dessa ferramenta analítica para o estudo de sistemas agroflorestais, apicultura e monoculturas, como exemplos.

História das ciências e interdisciplinaridade

A História das Ciências, em uma perspectiva contemporânea, desempenha um papel importante na reflexão sobre as ciências no contexto educacional. Esse enfoque proporciona uma compreensão mais apropriada do papel das ciências na sociedade e do processo de construção do conhecimento, contribuindo para uma formação política-científica na educação básica (Allchin, 2013; Forato; Pietrocola; Martins, 2011; Hodson, 2014; Peron; Guerra, 2021).

Essa reflexão mais apropriada busca afastar-se de concepções simplificadas, como a visão dos grandes gênios e métodos infalíveis, e propõe uma imagem mais humana e histórica das ciências (Edler, 2015). Essa abordagem permite que os estudantes se apropriem criticamente dos conceitos científicos, empoderem-se na compreensão científica e participem ativamente das discussões científicas (Adúriz-Bravo, 2014).

A História das Ciências, quando foca nas pessoas, instituições, técnicas, teorias, socialização, credibilidade e aplicação do conhecimento em contextos sociais e culturais, possibilita uma análise mais profunda dessas questões (Gavroglu, 2007; Shapin, 2013). Ao nos aproximarmos da historiografia dos *science studies* (Bloor, 2009), compreendemos as ciências como entidades históricas, humanas e imersas na cultura e sociedade, afastando-nos de anacronismos e inadequações de uma historiografia mais tradicional e ingênua, que foca nos *grandes feitos de gênios* isolados do meio sociocultural.

Essas contribuições alinham-se com a proposta de interdisciplinaridade crítica (Klein, 2017) que buscamos promover na educação. As abordagens contemporâneas da História das Ciências e a interdisciplinaridade crítica convergem ao exigir do Ensino de Ciências uma educação emancipatória, preparando indivíduos para uma participação política consciente nas questões socioambientais locais e globais.

Klein (2017) destaca as nuances entre uma abordagem instrumental e crítica da interdisciplinaridade. A interdisciplinaridade instrumental é orientada para a resolução de problemas econômicos, visando a formação de profissionais flexíveis para o mercado de trabalho. Por outro lado, a interdisciplinaridade crítica envolve uma abordagem questionadora do mundo natural e social, buscando soluções para questões sociais e promovendo a formação de cidadãos críticos e comprometidos com a democracia.

Outro aspecto relevante da História das Ciências é a oportunidade de relacionar as ciências com seus diversos contextos. Essas relações podem ser mais favoráveis no contexto escolar por meio de diálogos horizontais que considerem as diversas vozes das disciplinas escolares, promovendo uma maior integração entre os conhecimentos. Os diálogos podem emergir a partir do estudo de casos históricos das ciências, funcionando como temas geradores, ou serem utilizados para uma compreensão mais aprofundada de estudos de caso específicos, envolvendo pessoas de diferentes especialidades. Nesse sentido, a História das Ciências e a interdisciplinaridade podem se beneficiar mutuamente.

Destaca-se ainda o papel coletivo e humano da atividade científica, em consonância com as ideias de currículo interdisciplinar (Bernstein, 1996), que enfatiza o não-isolamento de docentes, estudantes, conteúdos, disciplinas e seus diversos contextos.

Assim, afirmamos que há uma sintonia entre a História das Ciências, o tratamento interdisciplinar e o Ensino de Ciências, desde que a abordagem histórica escolhida envolva a contextualização das ideias, a consideração dos contextos, continuidades e rupturas, além do reconhecimento do caráter humano e coletivo das ciências. A abordagem

interdisciplinar deve ser marcada pela criticidade, coletividade, contextualização e dialogicidade, visando uma educação científica democrática, de qualidade, socialmente referenciada e que valoriza os sujeitos escolares e a escola como local privilegiado de produção e socialização do conhecimento.

Metodologia

O método adotado para esta pesquisa fundamentou-se em uma abordagem histórica, utilizando fontes secundárias de pesquisa, para examinar o episódio da fabricação de soda na Europa nos séculos XVIII e XIX. A análise subsequente foi conduzida por meio da aplicação da ferramenta teórica-analítica proposta por Barbiéri e Francoy (2020), visando explorar a potencialidade interdisciplinar do estudo.

Dessa forma, partimos originalmente de um episódio da História da Química, nossa disciplina de formação. Inicialmente, escolhemos um episódio relacionado à formação da indústria química pesada na Europa durante um período de industrialização e revoluções. Optamos pelo caso histórico que aborda a fabricação de soda, já que envolve processos físicos e químicos em contextos históricos significativos, como a Revolução Industrial e a Revolução Francesa. Esses períodos foram cruciais para os desenvolvimentos científico, tecnológico, social e cultural da humanidade, oferecendo uma perspectiva potencialmente interdisciplinar.

Na etapa seguinte, consultamos bases de dados de revistas renomadas na área da História das Ciências, como *Isis*, *Osiris*, *History of Science*, *Annals of Science*, *Révue d'Histoire des Sciences*, *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, *The British Journal for the History of Science*, e *Notes & Records of The Royal Society*. Utilizamos como termos de busca *soda*, *soda manufacturing/production/fabrication*, *Leblanc process*, *Nicolas Leblanc*, *Solvay process* e *Ernest Solvay*. Buscamos artigos recentes, a partir de 2010, com enfoque historiográfico compatível com nossos objetivos. Diante da escassez de resultados sobre o episódio, consideramos artigos mais antigos como alternativa. Além dos artigos, consultamos livros sobre História da Química, destacando o trabalho de Bensaude-Vincent e Stengers (1996), que contribuiu substancialmente para a construção de nossa narrativa e análise.

Com base nos estudos históricos acessados, identificamos quatro domínios do conhecimento que deveriam ser mobilizados para uma compreensão mais adequada do episódio histórico segundo os entendimentos de História das Ciências e interdisciplinaridade discutidos em nosso referencial teórico: econômico, ambiental, social e científico. Esses domínios foram delineados segundo a classificação proposta por Barbiéri e Francoy (2020), com uma adaptação ao nosso contexto, que envolve mais intensamente o domínio científico.

Em cada um desses domínios, também enfatizamos os detalhes que emergiram durante o estudo, utilizando termos-chave que consideramos fundamentais para a compreensão do contexto. A seleção de cada termo-chave foi realizada após uma leitura crítica das referências secundárias, seguindo um critério de importância para a compreensão do episódio em questão. Posteriormente, cada um desses termos-chave foi contextualizado por meio de uma narrativa construída com base nas fontes históricas. Por fim, relacionamos cada detalhe aos aspectos globais do episódio, propondo uma abordagem interdisciplinar para sua análise e compreensão.

Salientamos que esta pesquisa não se configura como uma proposta de ensino para ser aplicada em sala de aula. Ela representa, na verdade, uma ferramenta para promover a reflexão e oferecer subsídios aos professores e pesquisadores do Ensino de Ciências, facilitando a compreensão, análise e planejamento de práticas interdisciplinares, seja baseada na História das Ciências ou em outras abordagens.

Análise do caso histórico

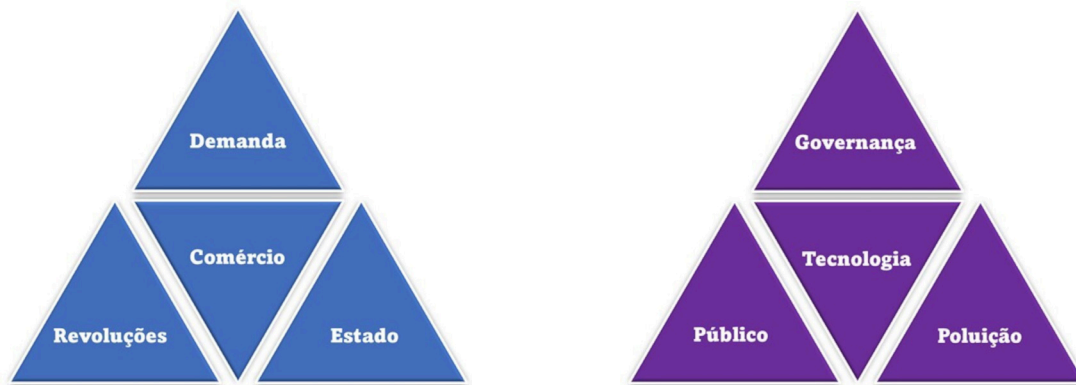
O episódio histórico da produção de soda, conhecida hoje como carbonato de sódio (Na_2CO_3), na Europa dos séculos XVIII e XIX, que abrangeu o desenvolvimento dos processos Leblanc e Solvay, transcende a esfera da sua disciplina de origem, a química, ao envolver contextos complexos e interagir com conhecimentos de diversas outras disciplinas. O processo Leblanc, patenteado por Nicolas Leblanc (1742-1806) em 1791, envolve a conversão de sal marinho em soda, utilizando ácido sulfúrico e carvão como principais reagentes. Já o processo Solvay, desenvolvido por Ernest Solvay (1838-1922), em 1863, envolve a produção de soda utilizando como matéria-prima o sal bruto e águas amoniacais, eliminando a necessidade do uso de ácido sulfúrico e tornando o processo mais eficiente. Esses processos não apenas influenciaram a indústria química da época, mas também outras esferas do conhecimento, oferecendo uma oportunidade para que sejam explorados em um contexto interdisciplinar de ensino.

A compreensão das reações químicas subjacentes a esses processos não é suficiente para elucidar como as fábricas de soda emergiram e se consolidaram no continente. Essa história é permeada por influências científicas, ambientais, econômicas e sociais que foram cruciais para a busca e implementação de processos sintéticos, substituindo a exploração da soda natural até então disponível. Acreditamos que esse episódio demanda uma abordagem interdisciplinar para um entendimento mais aprofundado dos processos científicos e tecnológicos na história, necessitando, assim, da construção de diálogos interdisciplinares na escola.

A análise que se segue visa avaliar de que forma o episódio histórico da fabricação de soda permite compreender os diversos domínios do conhecimento nos quais está inserido. Apesar de ser tradicionalmente examinado apenas no âmbito científico, especialmente na área da química, a complexidade das questões envolvidas sugere diálogos em diferentes domínios. Ao utilizar o modelo teórico-analítico de Barbiéri e Francoy (2020), identificamos os domínios econômico, ambiental, social e científico, indicando a necessidade de uma abordagem interdisciplinar no ensino.

Domínios econômico e ambiental

No domínio econômico, identificamos quatro aspectos a serem compreendidos: a questão da demanda por soda artificial, a intensificação do comércio, o papel do Estado e a dupla revolução – as Revoluções Industrial e Francesa. Já no domínio ambiental, também identificamos quatro aspectos a serem estudados: a mudança de governança ambiental na França, os papéis da tecnologia e da percepção pública, e a questão da poluição.

Figura 1 – Domínios econômico (esquerda) e ambiental (direita) do episódio histórico

Fonte: elaborada pelos autores.

A demanda crescente por soda artificial no século XVIII na Europa Ocidental é um aspecto econômico importante a ser explorado para compreender o episódio histórico da fabricação de soda. A soda era essencial para diversas indústrias, como papel, sabão, vidro e têxteis, com esta última sendo impactada pela Revolução Industrial. A produção natural enfrentou limitações, aumentando a necessidade de obtenção artificial em meio ao desenvolvimento industrial (Gillispie, 1957; Bensaude-Vincent; Stengers, 1996).

O papel do Estado também é relevante, pois governos pré-revolucionários já promoviam o crescimento econômico, intensificando-se durante a Revolução Industrial. Na França, esforços estatais impulsionaram a química industrial visando independência nacional em relação a produtos estrangeiros (Lehman, 2014).

As Revoluções Industrial e Francesa desempenharam também um papel importante, estimulando avanços científicos e técnicos. A Revolução Francesa mobilizou cientistas para esforços de guerra e produção bélica, transformando também a educação científica e técnica e incentivando a pesquisa (Hobsbawn, 2012).

A expansão do comércio, especialmente do ultramarino, é outro elemento vital, influenciando os demais aspectos econômicos e, conseqüentemente, a fabricação de soda. No contexto de intensificação do comércio, ascensão da burguesia, ideias iluministas e uma sociedade em crise, surgiram, por exemplo, as precondições para a dupla revolução (Hobsbawn, 2012).

Na França do século XVIII, a governança ambiental foi impactada pelo desenvolvimento da química, influenciando a política ambiental do Estado. Inicialmente, a produção de substâncias químicas, como ácidos, era restrita devido a preocupações com efeitos nocivos, mas mudanças na compreensão da química na década de 1770 alteraram essa percepção. O progresso tecnológico e a ascensão da indústria química levaram a uma reorganização, influenciando a política pública (Le Roux, 2016).

O período viu uma transformação nas visões médicas e científicas sobre ácidos, antes temidos por sua corrosividade. Cientistas, agora em cargos regulatórios, passaram a defender as indústrias químicas, argumentando que não poluíam, mas beneficiavam o ar. Essa mudança de perspectiva teve implicações a médio prazo na política industrial e na governança ambiental (Le Roux, 2016).

Após a Revolução Francesa, cientistas tornaram-se especialistas oficiais na avaliação da poluição, contribuindo para a promoção das indústrias. Contudo, no início do século XIX, julgamentos contra fábricas acusadas de poluição ganharam destaque. A resposta nacional culminou na lei de 1810 sobre indústrias insalubres, visando equilibrar interesses industriais e de proprietários vizinhos, promovendo melhorias ambientais (Le Roux, 2016).

No contexto das inovações tecnológicas e dos desafios ambientais do século XIX, destacam-se iniciativas regulatórias como o *Alkali Act* de 1863 na Inglaterra, que exigia a recuperação de 95% do ácido muriático liberado por fábricas de soda Leblanc (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996). Os aprimoramentos nas fábricas, derivados do processo Leblanc, buscavam recuperar cloro e enxofre, exemplificados pela torre de William Gossage (1799-1877) (Hudson, 1992) e, posteriormente, pelo processo Solvay, menos poluente.

Na França, Philippe Lebon (1767-1804) propôs, sem sucesso, utilizar gases resultantes da queima de madeira para iluminação. Paralelamente, na Inglaterra, surgiram fábricas de gás a partir do carvão mineral, gerando resíduos poluentes como alcatrão e águas amoniacais. Esses resíduos, anunciados constantemente na *Gas Gazette*, tornaram-se matéria-prima na produção de soda, seguindo as leis de Berthollet: uma decomposição dupla entre o sal marinho e o bicarbonato de amônio que, ao precipitar o bicarbonato de sódio, permite que a reação prossiga (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996).

Solvay, inspirado por avanços em estudos de gases e ciente dos resíduos de amoníaco nas indústrias de gás, estabeleceu uma fábrica de soda em 1863, superando pouco a pouco obstáculos técnicos com inovações patenteadas (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996).

O problema da poluição, incluindo chuva ácida das fábricas de soda Leblanc e despejo de águas amoniacais das fábricas de gás, destaca-se no contexto ambiental. A percepção pública, evidenciada nos relatórios franceses de 1804 e 1809 (Le Roux, 2016), influenciou a legislação de 1810. Além disso, a preocupação com a poluição do Tâmbisa na Inglaterra impulsionou o desenvolvimento do processo Solvay (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996).

Domínios social e científico

Já no domínio social, identificamos outros quatro aspectos a serem estudados: as Revoluções Industrial e Francesa e seus desdobramentos, aspectos do Iluminismo francês, a cultura dos químicos do século XVIII e seu papel nos governos. Por fim, no domínio científico, elegemos os últimos quatro aspectos a serem compreendidos: a teoria das afinidades, os aspectos da química pneumática e o papel da técnica e da experimentação.

As Revoluções Industrial e Francesa desempenharam um papel importante, influenciando a ascensão de químicos-empresendedores e industriais, com a disseminação das indústrias de soda Leblanc. O Iluminismo francês, difundindo ideias de empirismo, razão, direitos naturais e liberdade, como na formulação da Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão em 1789, também impactou o episódio (Grespan, 2003).

Figura 2 – Domínios social (esquerda) e científico (direita) do episódio histórico



Fonte: elaborada pelos autores.

Os químicos do século XVIII formaram uma cultura específica, baseada em práticas, teorias, instrumentos e representações simbólicas. Eles desempenharam papéis nas esferas do governo, influenciando as indústrias químicas e participando ativamente em órgãos como o *Bureau du Commerce* e o Comitê da Saúde Pública (Mocellin, 2015).

A relação entre a química e o Estado transformou-se, destacando-se iniciativas como a demanda de Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), em 1774, por um curso público de química para aplicação prática em setores como agricultura e metalurgia. Surgia uma nova forma de intervenção estatal na pesquisa e aplicação científica, ilustrada pela criação da Administração da Pólvora e do Salitre em 1775 (Mocellin, 2015).

No contexto das manufaturas de vidro, a dependência da importação de soda da Espanha motivou o estado francês a conduzir experiências industriais para produzir soda artificialmente no país, buscando viabilidade econômica. Esses elementos refletem a interconexão entre a ciência, tecnologia, governo e indústria na França do século XVIII (Mocellin, 2015).

Destaca-se, no domínio científico, a importância da teoria das afinidades químicas no século XVIII, influenciando a busca por processos sintéticos na produção de soda. Essa teoria, que via os corpos químicos como resultado de composições materiais, desmistificou a diferença entre o natural e o artificial (Mocellin, 2015).

A Academia de Ciências de Paris, no século XVIII, estabeleceu um programa de investigação sobre os *sais*, que compreendiam na época o que conhecemos hoje como sais, ácidos e bases. A pesquisa revelou que os *sais*, antes considerados princípios, eram produtos de combinações (Mocellin, 2015).

Guyton de Morveau liderou um programa em Dijon a partir de 1776, centrado em ensino, pesquisa e inovação técnica baseado no conceito de afinidades químicas. Já a química pneumática, com destaque para a descoberta do que hoje conhecemos com gás cloro, influenciou as indústrias químicas ao redor das fábricas de soda (Mocellin, 2015).

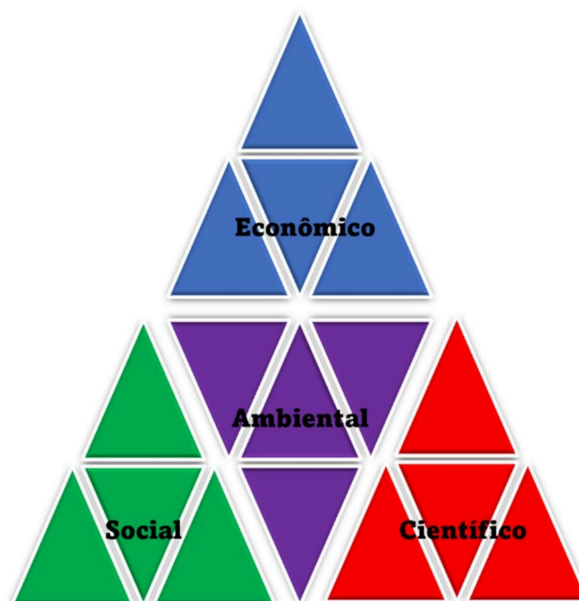
Os químicos pneumáticos se dedicaram ao estudo dos ares, isolando e analisando gases. Antoine Lavoisier (1743-1794), desafiando a ideia do flogisto, propôs uma explicação para o aumento de massa durante a calcinação dos metais, relacionando-o à fixação de ar. Joseph Priestley (1733-1804) e Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) identificaram o ar deflogisticado (oxigênio), contribuindo para a compreensão da combustão (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996).

O século XVIII também viu avanços experimentais, com novos métodos e instrumentos impactando descobertas em laboratório e na indústria. A mútua influência entre ciências e técnicas também fica evidente, como exemplificado pelo surgimento das câmaras de chumbo (Bensaude-Vincent; Stengers, 1996), que permitiram a produção em larga escala de ácido sulfúrico, essencial para o processo Leblanc.

Abordagem interdisciplinar

Os exemplos citados destacam que, no âmbito educacional, para compreender os diversos aspectos relacionados ao episódio histórico, é crucial adotar uma abordagem interdisciplinar. Isso requer a colaboração entre diferentes disciplinas escolares e professores de diferentes áreas. Esses profissionais devem transitar entre as escalas micro e macro de suas disciplinas, assegurando que tanto os detalhes quanto os contextos mais amplos sejam tratados com a devida qualidade, conforme destacado por Barbiéri e Franco (2020) no estudo sobre meliponicultura.

Figura 3 – Indissociabilidade dos múltiplos domínios que emergiram do estudo do episódio da fabricação de soda da Europa dos séculos XVIII e XIX



Fonte: elaborada pelos autores.

A partir da nossa análise, entendemos que os domínios escolhidos, a saber, econômico, ambiental, social e científico, não podem ser tratados de forma isolada. Isso implica dizer que seria inadequado, tanto do ponto de vista de uma historiografia contemporânea das ciências quanto de uma perspectiva crítica da interdisciplinaridade, abordar os aspectos científicos da teoria das afinidades químicas para explicar o surgimento do processo Leblanc sem estabelecer um diálogo com os aspectos econômicos da Revolução Industrial, por exemplo. Acreditamos que cada detalhe particular que elegemos como importante para a compreensão do episódio deve ser estudado com relativa profundidade, considerando um contexto escolar específico, mas deve ser indissociável de outros contextos que envolveram as fábricas de soda e seus arredores.

Pensamos que essa análise é potencializada por estudos históricos embasados em uma historiografia das ciências alinhada com os *science studies*, nos quais as ciências são investigadas a partir de seus contextos sociais e culturais, facilitando a identificação de domínios para além do científico. Além disso, a análise é reforçada por uma visão crítica de interdisciplinaridade, uma vez que, em ambos os casos, busca-se compreender os diferentes aspectos que envolvem uma determinada temática para uma reflexão mais aprofundada e consciente dos problemas socioambientais relacionados aos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Em nosso entendimento, no contexto da sala de aula, essa abordagem seria mais profícua se diferentes disciplinas fossem mobilizadas numa perspectiva dialógica, considerando a horizontalidade entre elas e suas diferentes vozes. Contudo, reconhecemos uma fragilidade no potencial dialógico de nosso estudo, uma vez que partimos originalmente da disciplina química, o que pode limitar a horizontalidade e posicionar essa disciplina de maneira hierárquica no estudo. Ademais, não identificamos evidências de contribuições de conhecimentos e saberes não-científicos, que poderiam emergir de uma historiografia que não se restrinja às ciências. Essa ausência representa uma lacuna que poderia enriquecer a abordagem interdisciplinar.

Considerações e implicações para o Ensino de Ciências

Ao finalizar a análise do episódio histórico da fabricação de soda na Europa dos séculos XVIII e XIX, destacamos sua complexidade e amplitude. Em um ambiente educacional, vemos potencial para inspirar estudantes a perceber as ciências como atividades humanas, históricas e socialmente construídas. Reconhecemos sua inserção numa rede complexa de domínios e defendemos que uma compreensão apropriada requer a integração e o diálogo entre diversas disciplinas escolares, explorando uma variedade de objetos de conhecimento.

Se abordado de maneira tradicional, enfatizando a memorização e desconsiderando o contexto histórico, comprometeria a formação crítica dos estudantes, reduzindo a riqueza do conhecimento a meras memorizações de reações químicas ou a uma narrativa superficial sobre *gênios* da química. Essa abordagem inadequada poderia perpetuar visões distorcidas da atividade científica, negligenciando seus aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Defendemos, ao invés disso, uma abordagem interdisciplinar que reconheça que o processo de fabricação de soda transcende as reações químicas, incorporando contextos sociais, econômicos e ambientais. Essa abordagem global e complexa exige a colaboração entre disciplinas, evitando a fragmentação do conhecimento.

Ao explorar os múltiplos domínios que compõem a história da fabricação de soda artificial, fica claro que economia, sociedade, ciências e ambiente estão interligados, proporcionando uma abordagem integrada no ensino. A noção de múltiplos domínios surge como uma ferramenta poderosa para construir abordagens interdisciplinares que valorizem detalhes e contextos.

A análise dos eventos nos domínios econômico, social, científico e ambiental dos séculos XVIII e XIX revela conexões importantes. Nesse contexto, acreditamos que, ao ser estudado dessa forma, o episódio histórico abrange conhecimentos para além da química, possibilitando diálogos entre conhecimentos de diferentes disciplinas escolares, como as Revoluções Industrial e Francesa, o Iluminismo e questões ambientais.

Acreditamos que a ferramenta teórico-analítica dos múltiplos domínios pode ser empregada por professores e pesquisadores do Ensino de Ciências para estudar, planejar e avaliar temáticas interdisciplinares, analisando os detalhes que precisam ser compreendidos e relacionando-os com contextos mais amplos.

No entanto, nossa pesquisa não busca, nem tem a pretensão de apresentar uma proposta para a sala de aula. A partir do nosso estudo e análise, seria necessário ainda articular uma sequência de ensino que faça sentido em um contexto educacional específico. Desta forma, não estamos encerrando as discussões sobre interdisciplinaridade, mas sim oferecendo subsídios para seu estudo, análise, planejamento e avaliação.

Ao finalizar, destacamos que já reconhecemos há algum tempo o potencial interdisciplinar no contexto escolar ao abordar episódios históricos das ciências no ensino e aprendizagem. Nesse sentido, tecemos algumas reflexões.

Primeiramente, é crucial ter um entendimento sólido sobre a interdisciplinaridade escolar, incluindo uma concepção teórica e metodológica esclarecedora do termo, motivos claros para sua implementação e objetivos educacionais específicos. A fragilidade nesse aspecto na educação brasileira como política nacional é evidente, com documentos orientadores sendo vagos sobre o termo e que apenas prioriza a organização do currículo

em áreas do conhecimento em vez de disciplinas. Especialmente para o Ensino Médio, oferecem um catálogo de competências e habilidades genéricas (Filipe; Silva; Costa, 2021). Além disso, há pouco investimento na formação de professores para essa perspectiva, especialmente nas escolas públicas brasileiras (Lisboa; Bejarano, 2013). Exigir interdisciplinaridade sem investimento estrutural e pedagógico é improdutivo.

Nesse sentido, acreditamos que a interdisciplinaridade escolar pode ser enriquecida por meio dos referenciais da criticidade e dos múltiplos domínios da sustentabilidade. Dos referenciais da sustentabilidade, destaca-se a ideia de múltiplos domínios como uma ferramenta teórico-analítica poderosa para analisar e construir abordagens interdisciplinares no ensino, examinando as partes individuais de uma pirâmide sem perder de vista a visão global.

Em segundo lugar, para promover o nosso entendimento da interdisciplinaridade a partir de episódios históricos das ciências, reconhecemos que a concepção de História e Historiografia das Ciências deve estar alinhada com esse entendimento. Acreditamos que uma abordagem mais próxima dos *science studies* possui o potencial de fomentar, no ensino, a interdisciplinaridade que buscamos. Isso porque essa abordagem busca contextualizar os aspectos internos e externos das ciências em um contexto específico, local e temporal. Entendemos que esses contextos explorados em uma situação de ensino podem permitir e exigir o diálogo entre diferentes disciplinas escolares.

Além disso, essa perspectiva proporciona uma compreensão das ciências como produtos históricos, entrelaçados em um meio social e cultural, afastando-se de visões essencialistas que concebem um suposto método científico infalível e universal, desprovido de historicidade e desconectado das culturas humanas.

Adicionalmente, historiografias mais atualizadas e contemporâneas, alinhadas a essa perspectiva, devem ser selecionadas para potencializar o estudo interdisciplinar. Uma historiografia focada mais no desenvolvimento conceitual das ciências não permitiria muitos diálogos interdisciplinares. Da mesma forma, uma historiografia mais tradicional, que aborda os grandes gênios e momentos fundadores, também não forneceria o potencial interdisciplinar que buscamos, oferecendo uma visão empobrecida da interdisciplinaridade.

Concordamos, portanto, com aqueles que defendem uma maior integração entre a História e a Historiografia das Ciências na formação de professores, permitindo que os educadores estejam mais bem preparados para abordar essas questões. Destacamos também a importância de um diálogo mais estreito entre historiadores, pesquisadores e professores de ciências na elaboração de propostas interdisciplinares que possam enriquecer o ambiente escolar.

Por fim, recomendamos a adoção da noção de 'múltiplos domínios' para o estudo, análise, planejamento e avaliação de propostas interdisciplinares, especialmente utilizando contextos brasileiros, como cana-de-açúcar, dendê, extração da borracha, café, ouro, pau-brasil, algodão, plantas medicinais, entre outros. Além disso, recomendamos pesquisas futuras que considerem as potencialidades e desafios da integração entre História das Ciências e interdisciplinaridade e da adoção da ferramenta dos múltiplos domínios no contexto escolar, avaliando sua capacidade de combater a fragmentação curricular, desde a fase de planejamento até a implementação em sala de aula.

Referências

- ADÚRIZ-BRAVO, A. Teaching the nature of science with scientific narratives. *Interchange*, Dordrecht, v. 45, p. 167-184, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9229-7>.
- ALLCHIN, D. *Teaching the nature of science: perspectives and resources*. Minneapolis: SHiPS Education Press, 2013.
- ALVES-BRITO, A.; ALHO, K. R. Educação para as relações étnico-raciais: um ensaio sobre alteridades subalternizadas nas ciências físicas. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 24, p. 1-18, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240122>.
- BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Modelo teórico para análise interdisciplinar de atividades humanas: A meliponicultura como atividade promotora da sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/mtwx>.
- BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. *História da química*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- BERNSTEIN, B. *A estruturação do discurso pedagógico*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1996.
- BLOOR, D. *Conhecimento e imaginário social*. São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- CANDIDO, F. R.; SANTOS, C. R. F. A percepção sobre meio ambiente e educação ambiental na prática docente das professoras das escolas municipais rurais de Morrinhos, GO. *RECIMA21*, Maringá, v. 3, n. 6, p. 1-19, 2023. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i6.1530>.
- COELHO, F. T.; TEIXEIRA, M. C.; SÁNCHEZ, D. S.; SANTOS, F. N. O desafio da educação ambiental crítica na educação e no trabalho do campo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Rio de Janeiro, v. 21, p. 1-28, 2021. DOI: <https://doi.org/mtwz>.
- EDLER, F. C. A história das ciências e seus públicos. *Revista Maracanan*, Rio de Janeiro, n. 13, p. 23-33, 2015. DOI: <https://doi.org/10.12957/revmar.2015.20118>.
- FERNANDES, F.; LORENZETTI, L. A educação para sexualidade e seus aspectos científicos e socioculturais: uma abordagem nos anos iniciais. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 26, n. 2, p. 254-270, 2021. DOI: <https://doi.org/mtw2>.
- FILIFE, F. A.; SILVA, D. S.; COSTA, A. C. Uma base comum na escola: análise do projeto educativo da base nacional comum curricular. *Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 112, p. 1-21, 2021. DOI: <https://doi.org/mtw4>.
- FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011. DOI: <https://doi.org/dmkcfz>.
- GAVROGLU, K. *O passado das ciências como história*. Porto: Porto Editora, 2007.
- GILLISPIE, C. C. The discovery of the Leblanc process. *Isis*, Chicago, v. 48, n. 2, p. 152-170, 1957. DOI: <https://doi.org/10.1086/348560>.
- GRESPLAN, J. *Revolução francesa e iluminismo*. São Paulo: Contexto, 2003.
- HENDGES, A. P. B.; SANTOS, R. A. relações entre gênero e ciência-tecnologia no ensino de ciências brasileiro: o que dizem as pesquisas? *Revista Brasileira de Pesquisas em Educação em Ciências*, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1-25, 2023. DOI: <https://doi.org/mtw5>.
- HOBBSAWM, E. J. *A era das revoluções: 1789-1848*. São Paulo: Paz e Terra, 2012.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, Abingdon, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>.

HUDSON, J. *The history of chemistry*. New York: Macmillan Press, 1992.

JUNGES, A. L.; ESPINOSA, T. Ensino de ciências e os desafios do século XXI. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 37, n. 3, p. 1577-1597. DOI: <https://doi.org/mtw8>.

KLEIN, J. T. Typologies of interdisciplinarity: the boundary work of definition. In: FRODEMAN, F. (ed.). *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2017. p. 21-34.

LE ROUX, T. Chemistry and industrial and environmental governance in France, 1770-1830. *History of Science*, London, UK, v. 54, n. 2, p. 195-222, 2016. DOI: <https://doi.org/mtxz>.

LEHMAN, C. P.- J. M. Pierre-Joseph Macquer: chemistry in the French enlightenment. *Osiris*, Chicago, v. 29, p. 245-261, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1086/678106>.

LISBOA, E. A.; BEJARANO, N. R. B. Interdisciplinaridade na formação do professor de física: pesquisas recentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. *Atas [...]. Águas de Lindóia*: ABRAPEC, 2013.

MACHADO, M. S.; SIQUEIRA, M. Ensino de ciências e inclusão: representações sociais de professoras do ensino fundamental II. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/21172020210101>.

MOCELLIN, R. C. Estilo de raciocínio e capilaridade técnico-cultural na química no século XVIII. *Scientia Studia*, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 759-780, 2015. DOI: <https://doi.org/mtxb>.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <https://tinyurl.com/3dsyrr38>. Acesso em: 13 dez. 2023.

PERON, T. S.; GUERRA, A. Construindo a caixa-preta da dualidade onda-partícula de Louis de Broglie em sala de aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Rio de Janeiro, v. 21, p. 1-30, 2021. DOI: <https://doi.org/mtxd>.

PINHEIRO, B. C. S. Educação em ciências na escola democrática e as relações étnico-raciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Rio de Janeiro, v. 19, p. 329-344, 2019. DOI: <https://doi.org/gqck>.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007. DOI: <https://doi.org/d76g57>.

SHAPIN, S. *Nunca pura*: estudos históricos de ciência como se fora produzida por pessoas com corpos, situadas no tempo, no espaço, na cultura e na sociedade e que se empenham por credibilidade e autoridade. Belo Horizonte: Editora Fino Traço, 2013.

SILVA, C. S. S.; PROCHNOW, T. R.; PELLEGRINI, G.; BIZZO, N. Pesquisa de percepções de estudantes do ensino médio sobre os desafios ambientais. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 26, p. 1-14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200020>.

TENREIRO-VIEIRA, C. VIEIRA, R. M. Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 163-188, 2013. DOI: <https://doi.org/mtxw>.