



ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

Notas para um Debate Materialista Histórico e Dialético das Questões Sociocientíficas: Da Controvérsia à Contradição

Notes for a Historical and Dialectical Materialist Debate on Socioscientific Issues: From Controversy to Contradiction

Paulo Gabriel Franco dos Santos^a; Gabriel Mallmann^a; Rodrigo Diego de Souza^b

^a Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil – paulosantos@unb.br; gabriel.mallmann2001@gmail.com

^b Departamento de Estudos Especializados em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil – professor.rodrigossouza@gmail.com

Palavras-chave:

Educação científica.
Materialismo histórico e dialético. Marxismo.
Questões sociocientíficas.

Resumo: Este artigo busca discutir as condições de apropriação das Questões Sociocientíficas (QSC) sob a perspectiva do materialismo histórico e dialético, especialmente tensionando os conceitos de controvérsia e contradição. Para tanto, examinamos investigações nacionais e internacionais que salientam o elemento da contradição no âmbito das QSC e distinguimos os temas contraditórios, a natureza da contradição e as propostas educacionais para o seu tratamento. Com base na perspectiva do materialismo histórico e dialético, evidenciamos o quanto as controvérsias são radicalmente determinadas pelas contradições do modo de produção capitalista. Em síntese, esse estudo ratifica a emergência de uma educação científica universal, popular, histórico e socialmente referenciada, vinculada às demandas da classe trabalhadora e aos seus projetos de emancipação, bem como lança luz sobre as potencialidades das QSC de ocupar-se desta tarefa política e formativa.

Keywords:

Science education.
Historical and dialectical materialism. Marxism.
Socioscientific issues.

Abstract: This article seeks to discuss the conditions of appropriation of Socioscientific Issues (SSI) from the perspective of historical and dialectical materialism, especially tensioning the concepts of controversy and contradiction. Therefore, we examine national and international investigations that highlight the element of contradiction within the SSI and distinguish the contradictory themes, the nature of the contradiction and the educational proposals for its treatment. Based on the perspective of historical and dialectical materialism, we demonstrate how the controversies are radically determined by the contradictions of the capitalist mode of production. In summary, this study confirms the emergence of a universal, popular, historically and socially referenced scientific education, linked to the demands of the working class and its emancipation projects, as well as sheds light on the potential of SSI to occupy this political and formative task.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introdução

Os problemas científicos e tecnológicos são históricos, relacionados aos processos produtivos, vinculados aos sistemas de exploração e de distribuição de poder, de lucros e riscos. A percepção geral (pública) das suas contradições são ofuscadas, tal como ocorre com as da própria produção capitalista, pela plumagem ofuscante da propaganda, por processos de compensação, por fragmentação midiática e incluindo-se na justaposição de desgraças. Contudo, casos mais alarmantes evidenciam os riscos e as vulnerabilidades, geram comoções públicas e acionam mecanismos, tanto de crítica quanto de compensação.

Podemos evidenciar os grandes desastres como o acidente nuclear de Chernobyl¹ (Ucrânia, em 1986), a exposição de populares ao Césio 137 em Goiânia² (Brasil, em 1987) ou vazamentos de petróleo em alto-mar (Golfo do México, em 2010, e Brasil, em 2019); ou as tragédias anunciadas como o rompimento da barragem de Brumadinho (Brasil, em 2019), a chuva ácida da Vila Parisi³ (Brasil, em 1985), os alagamentos nos grandes centros urbanos, os assoreamentos de rios e córregos próximos a latifúndios de monoculturas, o envenenamento de leite materno por agrotóxico ou de leitões de águas utilizados por comunidades por metais pesados.

Podemos também listar as declaradas ameaças contra a humanidade como as bombas atômicas (Japão, em 1945) e a Bomba H, armas químicas e biológicas, em que os sistemas científicos e tecnológicos vinculados aos contextos operavam na ordem do sistema produtivo e a avaliação dos riscos, a contenção dos danos e os reparos seguiram a mesma lógica da relação entre lucros e vidas humanas. Consideremos também as produções científicas e tecnológicas incorporadas no sistema produtivo e passíveis de contrassensos como os transgênicos, matrizes energéticas diversas e contraditórias, as vacinas e a inteligência artificial.

Guardadas as devidas particularidades históricas de contextos, modelos produtivos, nível de domínio da natureza e da sofisticação dos aparatos técnicos, é fundamental historicizar as problemáticas científicas e tecnológicas das quais nos queixamos hoje,

1 Amplamente reportado em artigos, dossiês, filmes e documentários, o acidente nuclear de Chernobyl aconteceu em abril de 1986, na antiga URSS. Para mais informações e composição das contradições envolvidas, acessar os documentos da International Atomic Energy Agency (IAEA) <<https://www.iaea.org/>> e as publicações e estudos do Greenpeace sobre o tema, como em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/energia/o-legado-de-chernobyl/>>

2 Considerado o maior acidente radiológico do Brasil, a contaminação por uma cápsula de césio-137 abandonada em escombros de um prédio abandonado e encontrada por moradores de um bairro popular de em Goiânia, Goiás, Brasil, em 1987, teve grande repercussão na época e ainda apresenta desdobramentos legais, sanitários e éticos, conforme pesquisa de Vieira (2013).

3 Vila Parisi é um bairro popular do município de Cubatão, São Paulo, também conhecido como Vale da Morte, por localizar-se em uma região que é um polo industrial brasileiro que, entre processamentos de derivados de petróleo, fertilizantes e certos metais, foi considerada a região mais poluída do Brasil, acarretando fenômenos como chuva ácida, nascimento de bebês com má formação, entre outros profundos impactos à saúde e ao meio ambiente especialmente na década de 1980. Há documentários, podcasts e grandes reportagens sobre o tema, como a da BBC: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39204054>

buscando evidenciar a que modelo de sociedade e de produção as contradições estão assentadas. Afinal, a depender das configurações da sociedade, do modelo produtivo, dos interesses e do aparato técnico-científico para sustentá-los, produz-se mais ou menos condições de ocasionar riscos, prever perigos, atuar na sua solução ou provocá-los, a exemplo de pestes, guerras, perseguições e desastres registrados ao longo da história humana.

Do ponto de vista da lógica interna de produção da ciência e da tecnologia, entendemos que a divisão social do trabalho científico também se desdobra em divisão racial e sexual, evidenciando problemáticas da ordem do racismo científico, da preponderância dos homens brancos no trabalho intelectual da ciência nos laboratórios e nas universidades, das temáticas, preocupações e objetos da ciência centrarem-se especialmente nas problemáticas reconhecidas e legitimadas por este perfil de pesquisadores. Além disso, o modelo produtivo da ciência vincula-se ao modelo produtivo do capital implicando a mercantilização do conhecimento (LACEY, 2008) e a profunda dependência das agendas científicas com a lógica de investimentos e os interesses do capital.

Os perfis de consumo, os interesses dos produtos, as demandas induzidas e as condições de sua apropriação também definem os caminhos da ciência e da tecnologia, implicando questionamentos sobre benefícios e beneficiados, privilégios e privilegiados, interesses e interessados, assim como, sobre a formação científica e técnica para a apropriação, ponderação e avaliação da produção e dos seus produtos.

No âmbito da educação científica, seja na produção nacional ou internacional, as Questões Sociocientíficas (QSC) vêm sendo defendidas como forma de incluir no processo educativo as problemáticas e temáticas reais, evidenciando a importância do raciocínio moral e ético para compreender questões de fronteira, ou seja, aquelas que, apesar de terem raízes na produção da ciência e da tecnologia, não podem ser resolvidas somente com conhecimentos científicos e tecnológicos, pois requerem ponderações morais, éticas e de ordem conjuntural. Nesse sentido, o nosso objetivo é *discutir possibilidades de tensionamento e de apropriação das Questões Sociocientíficas sob a perspectiva do materialismo histórico e dialético, especialmente tensionando os conceitos de controvérsia e contradição*. Com isso, temos como finalidade também colaborar com sínteses que possam agregar projetos formativos críticos para a educação científica.

De partida, é importante evidenciar o nosso entendimento de que a formação em Questão Sociocientífica não é um fim em si mesma, isto é, não se trata de um projeto educativo para formar jovens especialistas em questões controversas ou com bom desenvolvimento do raciocínio formal, informal e moral. Compreendemos um projeto de educação científica que privilegia o tratamento das QSC no sentido de criar condições culturais de análise da realidade, definição de conteúdos e métodos para a atuação pública,

elaboração de dispositivos de denúncia e engajamento a projetos coletivos com condições de projetar outras realidades possíveis.

No contexto brasileiro, sob a égide da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996) e como agenda do Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2014), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018) tem incluído aspectos das relações entre ciência, tecnologia e sociedade como aspecto formativo para a educação básica, especialmente ao tratar das Ciências Naturais. Sob a perspectiva do letramento científico, na BNCC é defendido que “apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania” (p. 319), fazendo referência a prerrogativas importantes como compreensão e transformação do mundo e a apropriação do conhecimento e dos processos científicos para tal finalidade.

No entanto, a BNCC emerge de projetos de educação em disputa, nos quais a educação vinculada ao empreendedorismo e a um ethos da relação ciência, tecnologia e sociedade assentado na culpabilização individual e não na superação das formas de exploração da natureza é predominante, o que aponta para mais problemas a serem resolvidos do que possibilidades de formação humana crítica e histórica e socialmente referenciada e comprometida com a transformação social.

Ainda que haja brechas e condições de justificar a prática educacional baseada em QSC na política pública brasileira, o elemento da contradição ainda aparece de forma pálida, sem, contudo, estar eclipsado (SANTOS et. al., 2022). Os desafios não são resolvidos necessariamente por ordem de decreto, mas enfrentam outros determinantes de ordem trabalhista, da cultura escolar, das tradições do ensino de Ciências e da própria conformação política e epistemológica da comunidade escolar envolvida.

A educação científica tradicional geralmente se concentrou na distribuição de conhecimento estabelecido e seguro, ao mesmo tempo em que deixou de lado tópicos controversos ou éticos (Hodson, 2003). Isso permite que os professores evitem conflitos com alunos, pais e outras partes interessadas, removendo questões controversas do currículo e mantendo suas próprias perspectivas éticas para si mesmos (OWENS; SADLER; ZEIDLER, 2017, p. 48).

A presunção de neutralidade, a falta de condições trabalhistas para o exercício da intelectualidade e da criação, o receio do constrangimento por operar sob perspectivas críticas são desafios concretos da nossa época e particularmente gestados sob a lógica neoliberal de uma sociedade capitalista. Enquanto se oferece o básico para que quem esteja na base da pirâmide de privilégios permaneça em suas condições materiais e de consciência sobre si (FREITAS, 2014), a ciência e a tecnologia seguem se desenvolvendo sob os estandartes de progresso, inovação, modernização, sem que esses elementos estejam na ordem do dia do interesse público ou escolar. Afinal, na cadeia de interesses e distribuição de privilégios, é

preciso manter uma classe trabalhadora alienada, comprimida e explorada que mantenha as engrenagens do capital em pleno funcionamento.

Notas preliminares sobre a estrutura do capital e questões em ciência e tecnologia

O processo de produção e reprodução material da vida é, essencialmente, um processo social. A produção material deve ser entendida em seu aspecto mais global: como determinada sociedade – espacial e temporalmente localizada – produz e reproduz suas condições materiais de existência. A forma como essa sociedade se estrutura a partir do processo produtivo, ou seja, como constrói a existência entre os seus membros e com o mundo material, é o que definirá o modo de produção da sociedade e, simultaneamente, condicionará a consciência sobre si e sobre a sociedade na qual estão inseridos.

Um aspecto fundamental do modo de produção capitalista é a cisão entre sociedade e natureza, a chamada ruptura metabólica. Segundo Foster (2005) e Saito (2021), a ruptura metabólica é o aumento expressivo da velocidade de produção e reprodução do capitalismo, suplantando a velocidade de produção e reprodução dos ciclos biogeoquímicos do mundo natural, de modo que a natureza não usufrui de tempo hábil para se regenerar da degradação causada pela pelo processo produtivo. Nas sociedades anteriores à capitalista, a produção era determinada e limitada pelas condições naturais. Entretanto, com o rápido desenvolvimento das forças produtivas e a sofisticação dos aparatos técnicos, o modo de produção capitalista consegue superar muitas das condições naturais que anteriormente limitavam a velocidade da produção, por meio do controle cada vez mais sofisticado da natureza, viabilizado e condicionado pelo desenvolvimento científico e tecnológico. Porém, o modo como ciência, tecnologia e capitalismo se determina e se condiciona mutuamente não se estabelece de maneira mecânica e rígida.

Cada um dos componentes dessa complexa tríade não deve ser compreendido como uma entidade autônoma que interage esporadicamente entre si. Essa complexa relação se efetiva na história e jamais deve ser entendida fora da história. Portanto, cai por terra o suposto determinismo imbricado nesses dois desenvolvimentos, que afirma que os desideratos do desenvolvimento técnico e científico estão – quase ontologicamente – inexoravelmente incrustados em seu destino, a partir do momento em que o ser humano passou a buscar superar suas condições naturais por meio da técnica e a indagar sobre como funciona o mundo que o cerca.

Como motores do desenvolvimento das forças produtivas, ciência e tecnologia têm atuado no sentido da complexificação e sofisticação dos aparatos produtivos, transformando-se, também, em forças produtivas propriamente ditas. Dessa forma, ciência e tecnologia, ao se estabelecerem como aspectos fundamentais do modo de produção, passam a operar a partir do

e para o desenvolvimento do capital. Portanto, é impossível pensar o modo de produção capitalista sem sua relação com ciência e tecnologia, bem como é impossível pensar ciência e tecnologia sem suas respectivas relações entre si e com o capitalismo. Essa relação imbricada e complexa de ciência, tecnologia e capitalismo é evidente em todas as fases de desenvolvimento do modo de produção, atingindo sua plena forma no capitalismo contemporâneo.

A Revolução Industrial, como marco histórico fundamental do capitalismo, traz consigo um aspecto completamente novo no que diz respeito ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia⁴. Antes da Revolução Industrial, a produção científica e a produção tecnológica se desenvolviam por lógicas e processos próprios. A ciência era, até então, um campo quase indistinguível da filosofia, sendo pensada e desenvolvida por uma elite intelectual enquanto o desenvolvimento técnico era levado a reboque pelas demandas imediatas do processo de produção, pois o trabalho era considerado uma atividade das classes baixas (ROSA, 2012). Entretanto, com a Revolução Industrial, estabelece-se uma profunda relação entre ciência e tecnologia, que passaram a ser pensadas pelas mesmas cabeças. Dessa forma, o desenvolvimento científico fornece o substrato teórico para o refinamento da tecnologia e essa, por sua vez, facilita e aprimora os meios de acesso ao mundo natural (MARX [1861-1863], 2020). A partir de então, com o aprimoramento e complexificação da maquinaria e o acesso ao mundo natural cada vez mais refinado, o processo produtivo passa a ter condições de superar os limitantes naturais da produção.

Porém, o desenvolvimento científico e tecnológico não se limita ao desenvolvimento dos centros do capital. Teve – e ainda tem – relação com o subdesenvolvimento das nações e sociedades colonizadas e marginalizadas, de forma que o aprimoramento da produção criou condições para o desenvolvimento das chamadas forças destrutivas (produção bélica), essenciais para a manutenção da agenda colonizadora e para o avanço da agenda imperialista, desenvolvendo, portanto, o próprio modo de produção capitalista. Dessa forma, o modo como a ciência e a tecnologia se desenvolve, bem como os produtos desse desenvolvimento se capilarizam no mundo em que o capitalismo é o modo de produção hegemônico que não será homogêneo para todos os países e regiões do mundo.

Álvaro Vieira Pinto (2005) destaca que as condições de produção e apropriação dos produtos da ciência e da tecnologia são definidas pela posição que os sujeitos ocupam na

4 Para fins de adequação conceitual, faremos uma breve definição entre técnica e tecnologia. A técnica assemelha-se ao conceito ontológico de trabalho quando compreendida como parte do devir humano de transformação intencional da natureza conforme o nível de consciência. A tecnologia, conforme Vieira Pinto (2005), pode ser definida de, pelo menos, quatro maneiras: logos da técnica ou o estudo dos modos de produzir a realidade; sinônimo de técnica centrado especialmente no know-how; conjunto de todas as técnicas, o que permite medir o grau de avanço e de desenvolvimento das forças produtivas de uma sociedade; ideologização da técnica. Tanto a técnica, quanto a tecnologia são concebidas a partir de sua relação dialética com o processo de humanização, do devir ser humano.

sociedade. Em outras palavras, existe uma disparidade de acesso à ciência e à tecnologia entre os países desenvolvidos e os subdesenvolvidos, evidenciado pela relação centro-margem. Estabelece-se uma relação de dependência tecnológica dos países periféricos aos países centrais do capitalismo, impossibilitando que a periferia desenvolva uma ciência e uma tecnologia autóctones, ficando à mercê do desenvolvimento tecnológico do centro. Essa dinâmica produz descompassos e defasagens em relação às condições de produção e ao acesso aos produtos científicos e tecnológicos.

O emblema triunfalista do desenvolvimento atinge um dos seus pontos críticos no pós-Segunda Guerra Mundial com a ameaça da Bomba H. A partir desse momento, a humanidade – mais precisamente, a população do centro do capital – contemplaria a possibilidade de sua própria extinção, caminho oposto ao indicado pelo senso comum, que o desenvolvimento científico necessariamente encaminharia a humanidade à prosperidade. Essa problemática ganhou notoriedade com o Manifesto de Pugwash (BARROS, 2005) – ou manifesto Russell-Einstein – escrito por cientistas e filósofos de grande renome na época como Albert Einstein, Julius Pauling e Bertrand Russell; denunciando o nefasto caminho que a ciência estava percorrendo. A partir de então, todos os aspectos que permeiam e se relacionam em todo o fazer científico, sua lógica, seus métodos e seus produtos passam a ser profundamente analisados e criticados, agora que seu desenvolvimento apontava para a destruição da própria humanidade.

Por fim, no capitalismo tardio, essa complexa relação assume contornos e particularidades específicas. Com a implosão da União Soviética e com a aparente vitória do “ocidente” no fim da Guerra Fria, o capitalismo torna-se o modo de produção hegemônico. Dessa forma, o modo de produção capitalista se apresenta como a única forma de se produzir e reproduzir a vida material porque é, aparentemente, o único modo de produção científica e tecnicamente viável. Além disso, o desenvolvimento de um modo de vida cada vez mais tecnologicamente mediado aprofunda e complexifica a dominação do mundo da vida e da prática social, de modo que o campo de disputa das decisões políticas é transformado, para o senso comum, em um laboratório asséptico de valores sociais e políticos, tendo o critério técnico e científico como o único critério possível para legislar sobre a vida e as relações sociais.

Em suma, entende-se que a ciência e a tecnologia, além de suas respectivas importâncias na sofisticação dos aparatos produtivos, desempenharam e desempenham um papel ideológico, no sentido de legitimar e reproduzir as condições de produção. Habermas (2014), em *Técnica e Ciência como Ideologia*, desenvolve uma importante análise sobre a coisificação da consciência por meio do processo de trabalho e interação, implicando sobre a racionalidade e as condições de comunicação. Em poucas palavras, o autor argumenta que,

com a paulatina institucionalização da técnica e da ciência, os critérios de decisão racional e de eficiência se engendram em diversos aspectos da vida, reduzindo problemas políticos, culturais e ambientais a problemas de ordem técnica e a “autocompreensão social” se firma a partir dos critérios dessa racionalidade.

A consciência tecnocrática conformada pelo modo de vida e de produção capitalista do trabalho é resultante da colonização da personalidade e da cultura pelas formas sistêmicas (dinheiro e poder) especialmente amparadas pela racionalidade técnica. Na medida em que há transformações qualitativas e quantitativas do modo de produção e da própria relação entre ciência e tecnologia ao longo da história, também se transforma o nível de domínio e de controle ideológico. A sofisticação tecnológica, concomitante ao domínio do mundo da vida e das práticas sociais das pessoas, garante o prolongamento e a consolidação do modo de produção.

Assim, no capitalismo tardio, a fronteira que antes parecia bem demarcada entre ciência básica e o desenvolvimento técnico se desvanece em razão de outras configurações em que esses empreendimentos passam a compor novos processos de desenvolvimento que as condiciona na mesma medida e de forma qualitativamente distinta das etapas históricas anteriores, inaugurando o desenvolvimento tecnocientífico ou a *tecnociência*.

Tecnociência: implicação da produção científica e tecnológica ao capitalismo

É preciso evidenciar que no decurso da história há mudanças qualitativas e quantitativas das forças produtivas, alterando configuração do uso e da apropriação da força de trabalho, a sofisticação dos aparatos ideológicos e manutenção da lógica operante, bem como as próprias matrizes técnicas e formas de organizar, produzir, gerenciar e disseminar o conhecimento produzido nesta tessitura social. A essa interação resultante das diversas combinações entre o modo de produção capitalista, a produção de conhecimento e a tecnologia e suas mutações resulta no que Castelfranchi e Fernandes (2015) denominam tecnociências. Para os autores, não se trata necessariamente de uma justaposição ou uma fusão de elementos dos campos científicos e tecnológicos, tampouco das relações que os tornariam um resultante do outro, mas de novas configurações das formas de produzir ciência e tecnologia especialmente atrelada ao desenvolvimento do capitalismo.

De fato, as instituições educacionais de nível superior, produtoras de ciência por excelência ou os laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) não operam necessariamente a partir dos conceitos bungeanos⁵ (BUNGE, 1980) que distinguem ciência

⁵ Estamos recuperando aqui somente as definições estritas utilizadas por Mario Bunge, pois ainda reverberam em espaços de produção de ciências. Com isso, não estamos reduzindo a produção do autor a estas definições estanques, tampouco deixando de reconhecer as suas contribuições que, na década de 1980, traziam luz às

básica, ciência aplicada e técnica, como compartimentos bem definidos em seus interesses, orientações metodológicas e lógica de produção. Essa diluição de fronteiras bem estabelecidas e aparente abandono da ciência básica deve-se a diversos fatores como área de interesse do país, tendência dos investimentos em C&T e políticas acadêmicas de produtividade, ranqueamento e internacionalização⁶.

Constituída a partir da lógica do capital, a tecnociência opera no interior daquilo que Lacey (2008, 2009) denominou abordagem descontextualizada, ou seja, o fazer científico produz-se dissociado de qualquer relação com arranjos sociais, valores, contextos humanos e ecológicos, cuja eficácia não é medida pelas condições ou demandas objetivas do público a que seus produtos se destinam, mas, a partir dos infalíveis estandartes da inovação e do progresso, define sua conduta, se autojustifica e se retroalimenta.

No decurso do projeto capitalista, neoliberal e desenvolvimentista, criticar discursos, projetos e programas que pretensamente se propõem à inovação, ao avanço e desenvolvimento do país soa como mau agouro, como jogar no time do contra. Há prêmios de inovação científica, manuais de boas práticas nas ciências e discursos de ciência para o desenvolvimento normalmente empreendidos no âmbito do neoliberalismo e como manutenção do modo de produção capitalista. A tecnociência, assim, opera com uma eficiência autoproclamada e justificada, avançando concretamente nas condições de observação, domínio e transformação da natureza, sofisticando o produto e sofisticando o mercado.

Não caberia aqui um aprofundamento sobre as teses desenvolvimentistas, porém, vale destacar que sem a superação das velhas estruturas, as forças empreendidas para o desenvolvimento resultarão em um eterno retorno à velha origem: exploração da força de trabalho, manutenção do lugar de dependência e subdesenvolvimento e reafirmação do modelo produtivo capitalista. As inovações, por sua vez, sem a devida transformação das condições materiais e culturais, se convertem em vernizes que compõem as alegorias cuja função ideológica é convencer da mudança, de que estamos “quase lá”, de que temos domínio do futuro e de que, na distribuição de forças e poderes, disputamos de igual para igual.

relações entre ciência, filosofia, ideologia e valores, rejeitando pressupostos de neutralidade. O autor também fomentou debates sobre desenvolvimento que lhe rendeu muito reconhecimento e críticas.

6 Para ampliação dos debates sobre a problemática, sugerimos dois estudos da FAPESP. O primeiro é um dos artigos publicados a partir das palestras proferidas no primeiro encontro preparatório para o Fórum Mundial da Ciência (2013), “Ciência básica para conhecer e inovar”, de Luiz Davidovich, disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/ciencia-basica-para-conhecer-e-inovar/>>. O segundo trata-se do Índice de Especialização que busca aferir em que medida determinado país ou região privilegia uma área de pesquisa em detrimento de outra. O estudo publicado em 2020 evidencia a forte tendência para as áreas de Ciências Agrícolas em detrimento das áreas de linguística, linguagem e artes. Para mais informações, acessar: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/indice-de-especializacao/>>.

Nesse sentido, a marcha do desenvolvimento a qualquer custo e da inovação como integração e aperfeiçoamento da dinâmica atual das coisas é uma ilusão perfeitamente instrumentalizada por sua função ideológica.

Contradição como elemento central do método materialista histórico e dialético e condição de superação da realidade imediata

Uma QSC diz respeito, em última instância, a um problema concreto, ou seja, àquilo que Marx ([1857-1858], 2020), em *O Método da Economia Política*, definiu como uma síntese de múltiplas determinações, uma unidade do diverso. Em razão disso, trata-se de um problema historicamente localizado e determinado, ainda que se trate de um caso (por exemplo, intoxicação de uma determinada comunidade ribeirinha por mercúrio utilizado em determinada atividade garimpeira) ou de um dilema ético (uso de célula-tronco embrionária). Assim, a partir de uma concepção materialista e dialética da história, as razões primeiras que geram determinado modelo de produção, definem a divisão do trabalho, aportam as certas decisões jurídicas ou as ideias dominantes sobre determinado tema moralmente sensível estão assentadas na materialidade da existência, cuja análise nos levaria às leis gerais que regem as problemáticas e tensões atuais, em sua forma mais sofisticada e complexa. Marx ([1858], 2020), em *Prefácio à contribuição à crítica da Economia Política*, declara seu posicionamento afirmando que “o modo de produção da vida material condiciona o processo de vida social, política e intelectual. Não é a consciência dos homens que determina o seu ser; ao contrário, é o seu ser social que determina sua consciência” (p. 85). Diante disso, evidencia que a tarefa é explicar esses níveis e condições de consciência “pelas **contradições** da vida material, pelo **conflito** que existe entre as forças produtivas sociais e as relações de produção” (p. 85, grifo nosso).

Konder (2008) afirma que para a dialética marxista, materialista por incorporação e por superação do idealismo hegeliano, “o conhecimento é totalizante e a atividade humana, em geral, é um processo de totalização, que nunca alcança uma etapa definitiva e acabada” (p. 35). Na perspectiva do materialismo histórico e dialético, a realidade é mais rica e possui primazia diante do conhecimento que temos dela, ou seja, não encerramos a realidade dentro de um conceito ou de uma ideia, mas nos esforçamos para elaborar compreensões, detectar as tendências do movimento do real e expressar sínteses sobre as leis gerais que regem a realidade concreta.

Nesse sentido, em nossos esforços de produzir sínteses buscamos evidenciar a estrutura significativa da realidade, proporcionada pela visão do conjunto dos complexos que compõem a realidade, a sua totalidade, seja ela mais ou menos abrangente conforme as exigências do problema que se apresenta diante de nós e dos complexos que o constituem.

A prática social, a realidade concreta e vivida, nos oferece, a partir da análise dialética do real, os critérios de verdade ou de acurácia das nossas sínteses e do nosso quadro conceitual e a sua condição de expressão da totalidade. Assim, definimos o ponto de partida, um problema real, um tema da realidade de difícil compreensão e em um estado caótico cujo entendimento primeiro, aparente, já elaboramos com algum nível de conhecimento. Como encaramos o complexo, ainda abstrato, e depuramos suas partes mais simples e logo retornamos ao complexo, esse contexto já não é um todo caótico, mas um resultado de múltiplas determinações agora mais conhecidas, isto é, o concreto.

Assim, a tarefa da dialética, segundo Konder (2008), é:

Para reconhecer as totalidades em que a realidade está efetivamente articulada (em vez de inventar totalidades e procurar enquadrar nelas a realidade), o pensamento dialético é obrigado a um paciente trabalho: é obrigado a identificar, com esforço, gradualmente, as contradições concretas e as mediações específicas que constituem o “tecido” de cada totalidade, que dão “vida” a cada totalidade (p. 43-44).

O processo de análise e síntese é um movimento constante de um laborioso escrutínio da realidade que busca avançar do imediato aparente ao mediato, cujos elementos objetivos e subjetivos revelam as determinações que compõem o objeto real em análise. As contradições, por sua vez, desafiando os limites da lógica formal, são conexões distintas que compõem a realidade (ou um objeto real) que existe em movimento.

Na dialética materialista não se concebe a realidade como estática, cristalizada, estancada em uma existência definitiva, tampouco ela se deixa conhecer de uma vez por todas (MASSON, 2007), no conteúdo primeiro de sua aparência. Portanto, o processo científico que ampara a sua compreensão deve ter condições de compreendê-la em movimento, em tensões entre contrários, entendendo que tudo tem relação com tudo, sem com isso cair em generalidades abstratas ou em um eterno *looping* de contradições, mas dando condições para elaboração de sínteses que superem as afirmações e as negações implicando novas análises em um outro estado de qualidade.

Na dialética, o movimento é resultante das tensões entre os polos da contradição. Enquanto a lógica formal não admite que o sim e o não coexistam em uma mesma sentença lógica, pois se anulariam, a lógica dialética acomoda o sim e o não como parte integrante da realidade concreta, conformando-se assim como uma ciência do movimento (LEFEBVRE, 1991).

Masson (2007) destaca que a função científica do materialismo histórico e dialético é “apreender, desvelar a produção e a transformação do ser social que se produz na forma do capital” (p. 109), destacando que o ser social é constituído de diversas determinações que são contradições, como base e superestrutura; força produtiva, relação de produção e a luta de classes; por exemplo.

Para Lefebvre (1991), a contradição dialética “é uma inclusão (plena, concreta) dos contraditórios um no outro e, ao mesmo tempo, uma exclusão ativa” (p. 238), não bastando somente uma atitude declaratória de que existe a contradição, mas empenhando-se metodologicamente em “captar a ligação, a unidade, o movimento que engendra os contraditórios, que os opõem, que faz com que se choquem, que os quebra ou os supera” (p. 238).

Assim, o deslocamento da apropriação das Questões Sociocientíficas na perspectiva da contradição implicaria uma tarefa formativa dupla: formar para a análise dialética e profunda da realidade, estimulando os estudantes a superarem as análises da aparência dos problemas concretos, evidenciando seus determinantes históricos e as leis gerais que regem a sua conformação e seu movimento real; formar para a tarefa de animar o espírito questionador, rebelde e inconformado da juventude, reconhecendo os conhecimentos, leis e teorias das ciências como instrumentos potentes de compreensão e ação radical no mundo. Com isso, não estamos negando o trabalho histórico e os esforços intelectuais de pesquisadores e professores que trabalham com controvérsias no âmbito das Questões Sociocientíficas. Ao contrário, partimos deste cenário concreto e nos apropriamos dos seus acúmulos históricos para apresentarmos, sob a forma de síntese, outra possibilidade de apropriação.

Enquanto a lida com a controvérsia requer que, diante de uma situação real, sejam definidas as problemáticas aparentes, imediatas ou resultantes de um escrutínio científico superficial, a apropriação pela via da contradição evidenciaria a essência do problema, as mediações históricas e suas múltiplas determinações, isso realizado sob um processo investigativo em camadas, de modo a superar a aparência no sentido da essência. A lógica dialética cria condições para a elaboração das leis gerais que regem determinada problemática e que estão nas raízes de outras que historicamente assolam o nosso povo.

No caso do exame de questões sociocientíficas no contexto brasileiro, a análise deve evidenciar como as condições materiais das forças produtivas, no presente entendido como estágio máximo do desenvolvimento real do país, criam as contradições no âmbito da relação com a natureza, com o mundo do trabalho, com as ideias dominantes e as forças hegemônicas.

O tratamento de QSC nesse sentido, seria tensionado. Por exemplo, ao investigarmos uma problemática ambiental como o rompimento da represa de Brumadinho (2019), podemos empreender investigações científicas sobre contaminantes, volumes e proporções, substâncias e elementos químicos, discursos de especialistas, notas divulgadas pela mídia e desenvolvermos em sala de aula juris simulados entre as figuras dos ambientalistas, de advogados da empresa, de cientistas e membros das comunidades afetadas com o fim de alcançar um desenvolvimento argumentativo e um deslocamento das próprias concepções para uma formação para a sensibilidade e para a compreensão da complexidade do problema.

Ocorre que as investigações científicas e dos materiais discursivos e midiáticos devem estar ao lado de investigações políticas e econômicas sobre concessões, redes de interesses, lucros e ações, matriz produtiva brasileira e demandas concretas, buscando identificar os determinantes históricos do problema. Por exemplo, o quanto de Vila Parisi (década de 1980) ainda há em Brumadinho? O quanto das condições que produziram Brumadinho ainda está latente na realidade da mineração (e da lógica produtiva) brasileira? Como lidar com a ideia de avanços concretos na produção industrial e com as consequências ambientais negligenciadas? Qual projeto subjaz entre avanço e negligência?

Santos (2005), em defesa de um ensino de ciências sob a perspectiva do materialismo, histórico e dialético, afirma que “enquanto muitos tentam ensinar ciências como algo ‘linear’ e ‘não contraditório’, o método dialético resgata as contradições inerentes ao próprio fazer científico, bem como permite, através do ensino de ciências, detectar contradições relevantes do ponto de vista social” (SANTOS, 2005, p. 36). Assim, o deslocamento axiológico da controvérsia à contradição, que ora propomos, alinha-se ao que o autor defende ao explicar que “explorar as contradições é explorar os ‘problemas da prática social’. Detectá-las é alcançar o nível de complexidade necessário para trabalhar e transpor didaticamente para a sala de aula as questões mais relevantes da vida social” (p. 36).

Questões Sociocientíficas, controvérsias e contradições

Sobre as QSC e sua relação com a Educação CTSA

A educação é uma atividade intencional, social, histórica e materialmente organizada com funções específicas, em conformidade com a época e a sociedade em que é empreendida. A educação científica, por sua vez, é originada a partir de interesses diversos que vão desde a formação de cidadãos dotados de certa criticidade e condições de empreender processos de transformação social até a de futuros cientistas para alimentar disputas bélicas.

A partir dos questionamentos dos rumos das ciências, da natureza da ciência e dos projetos sociais empreendidos a partir da educação científica, surgiram as publicações e propostas curriculares sobre Educação CTS, inspirados por movimentos já proeminentes no debate sobre ciência, tecnologia e sociedade (Filosofia da Ciência do século XX, estudos sociais e culturais da ciência e da tecnologia, movimentos intelectuais e sociais pós-guerra, especialmente os das décadas de 1960 e 1970, por exemplo). As Questões Sociocientíficas apareceram um pouco mais tarde e tiveram grande expressão na década de 1990.

Uma das definições mais clássicas e usualmente adotadas pela literatura sobre Questões Sociocientíficas é a de Ratcliffe e Grace (2003) que afirma que são questões controversas cujas raízes das problemáticas encontram-se na ciência e na tecnologia, envolvem opiniões e escolhas em nível pessoal e social, análise de riscos, de relações custo-

benefício, de probabilidades e de sustentabilidade. Além disso, os autores afirmam que podem ter dimensão local, regional ou global, envolver questões de valores e raciocínio ético, implicando a lida com incompletude de informações ou do alcance científico.

Pedretti e Nazir (2011) identificam que o terreno para o florescimento das QSC no âmbito do ensino de Ciências vem sendo preparado desde o começo do movimento de renovação da educação científica em países como Canadá, EUA, Israel, Inglaterra e Austrália. Para eles, os princípios formativos defendidos na literatura sobre QSC compartilham similaridades com a educação para as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Educação CTSA), tanto em termos de conteúdo questionador do estatuto da ciência e da tecnologia na sociedade, quanto nas formas educacionais e pretensões formativas (como tomada de decisão e participação, por exemplo). As interações CTSA são fontes de inúmeras controvérsias sociocientíficas, o que faz com que “muito trabalho sobre CTSA tem permanecido em torno de como melhor aproveitar questões sociocientíficas na sala de aula de ciências” (p. 12), especialmente as das correntes focadas em raciocínio lógico, as centradas em valores, as que são regidas por abordagens socioculturais ou por princípio de justiça ecossocial.

Bencze et al. (2021) incluem as QSC no acervo daquilo que chamam de “ciência em contexto”, ao lado das Questões Socialmente Vivas (ou socialmente agudas) e da educação para as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. As diferenças e as relações entre as abordagens estão vinculadas às suas origens, ao contexto geopolítico de sua produção e idealização e ao processo histórico de desenvolvimento dos conhecimentos e teorias relacionadas.

Controvérsia como uma categoria central nas QSC

A categoria da controvérsia é central para o tratamento das Questões Sociocientíficas. Por essa razão, dentre vários termos usados para referir-se às QSC no Brasil, a ideia de controvérsia sociocientífica é uma delas (SOUSA; GHELEN, 2017). Não obstante, Saunders e Rennie (2013, p. 257) discutem que “os termos controverso e sociocientífico como descritores de questões científicas às vezes são usados como sinônimos; muitas questões sociocientíficas são controversas, mas nem todas”, evidenciando que as QSC envolvem dilemas conceitual, procedimental e tecnologicamente vinculado à ciência, enquanto a ideia de controvérsia é mais ampla, envolvendo conflitos entre diferentes indivíduos ou grupos. Mesmo assim, em pesquisa realizado por Melo et al. (2021), os autores evidenciaram que no cenário brasileiro o debate sobre controvérsia e o seu uso conceitual está principalmente vinculado às QSC, em um cenário que aparece também no contexto da educação CTS e da educação científica em geral. Apesar de não apreendê-las como sinônimos, admitimos a

centralidade da controvérsia no tratamento das QSC, especialmente no Brasil, reconhecendo-a portanto como conceito associado fundamental.

A fim de oferecer um panorama de discussões sobre os usos e apropriações da controvérsia na pesquisa sobre QSC, adotamos três dimensões da questão: temáticas principais que são consideradas controversas (exemplos típicos); natureza da controvérsia; e objetivo formativo da educação a partir do uso de controvérsias (aspectos pedagógicos).

Temáticas (exemplos típicos)

O que na literatura em QSC tem sido evidenciado como exemplos típicos de temáticas controversas, são questões que envolvem algum tipo de risco imediato ou um perigo futuro envolvendo o meio ambiente ou a saúde (KOLSTØ, 2001) com consequências sociais e técnicas (MCDONALD, 2010). Um panorama dos temas utilizados como exemplo e/ou trabalhados por pesquisadores em QSC, ficam evidenciados nos trabalhos de alguns autores.

Albe (2008, p. 805) elenca “escolhas de energia, telefones celulares e estações de rádio, mudanças climáticas globais, inseticidas Regent TS e Gaucho, alimentos geneticamente modificados” como alguns desses temas. Albe e Pedretti (2013, p. 305), por sua vez, apresentam os temas “tecnologias reprodutivas, pesquisa com células-tronco, exploração espacial, descarte de lixo tóxico, destruição da camada de ozônio e perda da biodiversidade”. Arena, Díaz e Pérez (2016) destacam “a clonagem, a utilização de energia nuclear, os alimentos transgênicos” (p. 703), além de “a contaminação, organismos modificados geneticamente, legalização das drogas, extração de petróleo, bioética, abastecimento de água potável, experimentos com animais, efeitos adversos do uso das tecnologias” (p. 708). De forma sintética, Bencze et al. (2020) evidenciam as temáticas de “devastação proveniente de mudanças climáticas associadas aos usos humanos de tecnologias a base de petróleo” (p. 825) e Saunders e Rennie (2013) destacam como exemplo “clonagem, triagem genética, combustíveis alternativos, tecnologias reprodutivas e vacinação” (p. 253).

McDonald (2010), por sua vez, enumera algumas controvérsias específicas do contexto canadense ou que teve grande relevância neste contexto, como “o escândalo do sangue contaminado; as conferências de Kyoto e Copenhague sobre mudança climática; o colapso de um viaduto em setembro de 2006 em uma rodovia movimentada em Laval, Québec; e a abertura gradual da Passagem do Noroeste levando o governo canadense a tentar afirmar a soberania canadense no Ártico” (p. 130). Nesse mesmo sentido, Hodson (2011) nos oferece uma lista bastante extensa:

Produtos geneticamente modificados, bancos governamentais de DNA, terapia genética, pesquisa com célula tronco, riscos à saúde associados ao celular e à sobrecarga de linhas de energia, descarte de resíduos tóxicos, eutanásia, aborto, geração de energia nuclear e armas nucleares, exploração espacial, xenotransplante, experimentos em animais, radiação em alimentos, vacinação compulsória da

tríplice viral, cédulas de identidade inteligentes, prioridade para a implantação de recursos escassos para serviços médicos e para pesquisas médicas, e formas de lidar com a diminuição da camada de ozônio, desertificação, perda de biodiversidade e outras crises ambientais (HODSON, 2011, p. 58).

Outros autores não somente numeraram a título de exemplo, mas também desenvolveram estudos sobre controvérsias específicas, como o papel central da mídia argentina sobre o uso de crotoxina como possível cura para o câncer (FONSECA MATERA; PELLEGRINI, 2021), a abordagem política e técnica da disputa pela soberania do território do Ártico pelo Canadá e outros países (MCDONALD, 2010) e a questão da barriga de aluguel (*commercial surrogacy*) na Índia (RAVEENDRAN, 2021).

De maneira geral, as temáticas dizem respeito a problemas que estão inscritos na lógica produtiva capitalista atual na qual a Ciência e a Tecnologia têm papel crucial, inclusive na produção e na distribuição de riscos. Tanto na dimensão da exploração (do meio ambiente, do trabalho, de economias inseridas na lógica global do mercado), de ações moralmente questionáveis (decisões governamentais, práticas científicas ou costumes populares), quanto nas consequências de uso de determinadas práticas ou substâncias, o debate requer considerações de âmbito político, econômico, cultural e técnico.

Natureza das controvérsias sociocientíficas

Os pontos de partida que justificam a natureza controversa de determinada questão e a validade do seu uso na educação científica, especialmente sob a perspectiva das QSC, são diversos. Hodson (2018), por exemplo, evidencia que a controvérsia pode ser interna ou externa à ciência. No primeiro caso, “a informação científica necessária para formular um juízo sobre ela é incompleta, insuficiente, inconclusiva ou extremamente complexa e difícil de interpretar” (p. 39); no segundo, a controvérsia pode estar “enraizada em preocupações, crenças, valores e sentimentos sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos, ambientais, estéticos e/ou ético-morais” (p. 39).

Buscamos evidenciar em uma classificação simples, a seguir enunciada, os aspectos da natureza da controvérsia, valendo ressaltar que essas características não são excludentes entre si ou estão apartadas, mas normalmente participam dos argumentos dos autores de maneira complementar uma à outra.

- *Natureza da crítica à rigidez científica*: indica que as controvérsias normalmente partem ou desfecham em questionamentos da autoridade da ciência (ALBE, 2008), entendendo-a sob a perspectiva da ciência em construção (ALBE, 2008) e ciência como processo social em que o conhecimento é negociado e utilizado conforme interesses (ALBE; PEDRETTI, 2013), envolvendo incertezas em nível da investigação científica (LEVINSON, 2016). Nesse sentido, as evidências científicas são elementos

importantes na resolução de um conflito ou compreensão de um problema controverso, mas não único (OWENS; SADLER; ZEIDLER, 2017).

- *Natureza aberta e ambígua:* um problema real que afeta a sociedade e o meio ambiente está sujeito a múltiplas perspectivas e é passível de muitas interpretações (ALBE; PEDRETTI, 2013; BENCZE et al., 2020; HAND; LEVINSON, 2012; HODSON, 2011a; KOLSTØ, 2001; MCDONALD, 2010); por sua complexidade, lida com incerteza social e ambiguidade no seu entendimento (ALBE, 2008; ALBE; PEDRETTI, 2013; ARENA; DÍAZ; PÉREZ, 2016; LEVINSON, 2016), além de lidar com contextos conflitivos entre agentes sociais (SAUNDERS; RENNIE, 2013).
- *Natureza fronteira:* os conhecimentos e as estruturas explicativas e preditivas adequadas ao tratamento de controvérsias reais estão na fronteira do conhecimento científico (raciocínio baseado apenas na ciência não costuma ser suficiente) (ALBE; PEDRETTI, 2013), implicando o levantamento de novas problemáticas para especialistas, políticos e cidadãos (ALBE, 2008) e a mobilização de questões ideológicas (RAVEENDRAN, 2021); envolvendo relações entre investigações científicas, tecnológicas e socioambientais de grande impacto na sociedade (ARENA; DÍAZ; PÉREZ et al., 2016) e profundamente baseados na relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (BENCZE et al., 2020).
- *Natureza contextual e experiencial:* a rigor, as controvérsias são inerentes a uma problemática contextualizada em um país, uma região ou mesmo global, com incidência na realidade em questão (BENCZE et al., 2020), mobilizando valores, preocupações ético-morais e experiências pessoais (HODSON, 2011), sendo normalmente veiculados pela mídia e partícipes de disputas locais (KOLSTØ, 2001; FONSECA MATERA; PELLEGRINI, 2021), com o agravante de que são articuladas a uma quantidade exígua de fontes científicas nos meios de comunicação (FONSECA MATERA; PELLEGRINI, 2021), dando lastro para opiniões diversas, notícias falsas, sensacionalismos e tensões.

A natureza das temáticas evidencia problemas situados à raiz do modo de produção capitalista e sustentados por um *modus operandi* constituído sob uma racionalidade técnica. Assim, para a manutenção da lógica produtiva, alimentam-se diferentes matrizes técnicas de produção e de exploração, mercado de conhecimento científico e de códigos técnicos, gerando distribuição desigual de riscos, de poderes e de capital. A demanda formativa, portanto, nos impele a ir além da aparência da problemática que se evidencia imediatamente aos olhos do analista, requerendo um aprofundamento analítico às camadas mais profundas da ordem de produção e reprodução social atual.

Objetivos formativos da educação a partir de controvérsia (aspectos pedagógicos)

Essencialmente, as perspectivas formativas centram-se na formação cidadã e pelo fortalecimento da estrutura democrática, se valendo especialmente das estratégias de discussão, debate, constituição de contextos argumentativos, compreensão da ciência e o seu uso consciente, sendo que uma das finalidades mais evidentes é a tomada de decisão (ALBE, 2008; KOLSTØ, 2001; ZEIDLER; NICHOLS, 2009).

O objetivo da formação cidadã funciona como uma diretriz básica e amplamente adotada no contexto da educação científica e do tratamento de QSC. O seu entendimento varia segundo os grupos de pesquisa, os contextos geopolíticos e as perspectivas políticas e epistemológicas adjacentes. O cidadão formado na perspectiva das questões sociocientíficas, assim, deve saber: negociar problemas a partir de uma base de conhecimento científico (objetivo utilitário ou pragmático), com critérios de juízo moral e ético (ARENA et al., 2016; OWENS et al., 2017; SAUNDERS; RENNIE, 2013); compreender e negociar conhecimentos especializados e participar de controvérsias com o objetivo de tomar decisões fundamentadas e participar em debates públicos (orientação de uma cidadania democrática) (ALBE; PEDRETTI, 2013); compreender a extensão das problemáticas em questão e a sua complexidade, especialmente sobre a relação entre os fenômenos sociais e os impactos na natureza (ARENAS et al., 2016); estudar a dinâmica das deliberações que são promulgadas por diferentes atores sociais em distintos espaços, tendo mais ou menos poder de agência sobre a questão (MCDONALD, 2010), realizando, por fim, a tarefa da alfabetização científica e tecnológica (MELO et al., 2021).

Santos (2007) questiona a ideia da formação cidadã individualista e passiva e propõe a adoção do conceito de letramento científico em vez de alfabetização científica. Com o intento de elaborar uma compreensão sobre o letramento científico crítico, o autor adverte que a finalidade da formação cidadã deve garantir que o sujeito formado

possa participar das decisões democráticas sobre ciência e tecnologia, que questione a ideologia dominante do desenvolvimento tecnológico. Não se trata de simplesmente preparar o cidadão para saber lidar com essa ou aquela ferramenta tecnológica ou desenvolver no aluno representações que o preparem a absorver novas tecnologias (p. 483).

Dentre as estratégias didáticas perspectivadas na literatura, encontramos especialmente um esforço pedagógico para o engajamento e estímulo de estudantes à discussão como forma de evidenciar, examinar e responder a diferentes pontos de vista, desenvolvendo conhecimentos e capacidade de julgamento (HAND; LEVINSON, 2012), além de valorização da argumentação como primordial (ZEIDLER; NICHOLS, 2009; EDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007), inclusive como forma de interseccionar QSC e controvérsias (ALBE; PEDRETTI, 2013).

Como tarefa importante da educação científica que perspectiva a formação cidadã e desenvolve processos metodológicos e práticas pedagógicas para tanto, está a de investir na compreensão da natureza da ciência e operacionalizar o conhecimento científico para que desempenhe funções compreendidas nestas agendas formativas. Assim, a lida com o conhecimento científico e com a natureza da ciência no âmbito das controvérsias busca: incluir estimular a análise a construção e a desconstrução de fatos e teorias (ALBE; PEDRETTI, 2013); incluir aspectos sobre ciência, política e negócios em uma perspectiva interdisciplinar (BENCZE et al., 2020); identificar vieses, preconceitos, ideologia, declarações de cientistas como sujeitos particulares ou como especialistas ou parte de alguma instituição, indústria ou organização (KOLSTØ, 2001).

No caso brasileiro, as ideias de cidadania, diversidade, inovação e inclusão são perfeitamente adaptáveis ao contexto capitalista neoliberal que embasa as políticas públicas desde a reabertura política, especialmente na década de 1990. A cooptação de agendas educacionais, inclusive as de pretensões críticas, é, de forma geral, um dos *modus operandi* das formas do neoliberalismo no contexto capitalista latino-americano. As tendências de individualização de problemáticas e responsabilidades, a lógica da meritocracia, políticas de ranqueamento, classificação, promoção e premiação, o controle dos processos pedagógicos (objetivos, metodologia, conteúdo e avaliação educacional) pelos reformadores empresariais (FREITAS, 2014) são evidências explícitas ou sutis da ação neoliberal na educação nacional, que ocorre com o aval e o controle de bancos mundiais e organizações econômicas.

Uma educação de princípios neoliberais converte-se em um forte obstáculo às transformações materiais concretas, ou mesmo para o reconhecimento de sua necessidade. No contexto brasileiro, cuja realidade concreta é constituída por determinantes históricos de exploração, concentração de poder e de renda, modelo produtivo periférico diante da lógica global, diferenças brutais entre as classes econômicas e projetos de alienação e submissão às ideias dominantes, isso implica seriamente nas concepções e no projeto educacional, o que nos convida a questionar a ideia de cidadania e o papel das controvérsias diante das contradições concretas.

Alguns (breves) tensionamentos: ampliando possibilidades de pesquisas e debates

6.1 Limites da tendência democrática do ensino de ciências diante do debate especializado

As perspectivas de “ciências para todos”, especialmente defendido pela Unesco na década de 1990, tem como uma das prerrogativas a formação científica para a participação democrática e bem informada nas decisões da sociedade e da política em complexas problemáticas sociopolíticas e sociotécnicas. Vale a pena lembrar Fesham (2002) quando

criticou o irrealismo da agenda formativa do ensino de ciências quando afirmou que há assuntos científicos cujo domínio encontra-se em altíssimo nível de especialização e que, dificilmente, por melhor que seja a intenção formativa, um estudante dominaria, tampouco conseguiria fazê-lo com uma série de temas e assuntos complexos das ciências. Segundo o autor, “é uma esperança altamente irrealista que – mesmo através da melhor escolaridade – um nível de conhecimento científico possa ser alcançado que permita aos cidadãos avaliar criticamente as afirmações científicas dos vários grupos de especialistas” (p. 16). A complexidade estaria não somente nos conteúdos e nos arranjos teóricos, mas também nas questões valorativas pertinentes.

Entendemos que seja um alerta relevante. Assim como seriam pertinentes tantas outras ressalvas sobre a ideia de educação para todos no ápice da agenda capitalista neoliberal global. O que gostaríamos de destacar neste momento, em tom de novas possibilidades de discussão, é que o ensino de ciências não se ocupa necessariamente da especialização científica, mas de formar para acúmulos dos conhecimentos históricos e seu uso na compreensão e transformação da realidade. Sem a participação popular tampouco as contradições são evidenciadas e as demandas do povo inseridas na ordem do dia. O contrário disso seria esperar que as agendas tecnocráticas se sensibilizem e incluam os problemas populares, periféricos e da classe trabalhadora. O que seria outra ingenuidade.

Condições da participação pública na democracia representativa: espaços e interesses

Nosso modelo político de democracia representativa instaurada em um Estado moderno e capitalista possui como dispositivos de participação pública, fóruns, consultas e audiências públicas que são reduzidas e pouco estimuladas no contexto educacional. Somado às decisões tecnocráticas e, às vezes, autocráticas, baseadas em bancadas de interesses do capital (por exemplo, no caso brasileiro, temos as bancadas ruralistas, teocráticas e armamentistas), as condições reais de participação pública são profundamente reduzidas e quase ineficientes.

As ideias de participação pública, *accountability* (responsabilização) social e tomada de decisão prescindem de uma noção de endosso do estabelecido, favorecendo ações de ajustes, emendas e reformas. Há outras formas de organização coletiva que poderiam projetar e empreender projetos de transformação mais profundos e duradouros, como movimentos sociais, partidos políticos comprometidos com projetos emancipatórios, tendo em vista a frutífera articulação entre ação política e ação educativa, entre conhecimento científico e práxis transformadora.

Questão da argumentação e centralidade do argumento economicista

Como já evidenciado, um dos elementos formativos mais defendidos nas pesquisas em QSC é a argumentação. Baseando-se normalmente na perspectiva do desenvolvimento do pensamento crítico ou do preparo para a ação sociopolítica, a argumentação ganha centralidade nas práticas pedagógicas baseadas em QSC. Por um lado, essa agenda do desenvolvimento argumentativo pode nos prover importantes conquistas formativas como a superação da cultura do silêncio (FREIRE, 1987), a instauração de uma comunidade competente comunicativamente (HABERMAS, 2014) e o fortalecimento das compreensões e dos posicionamentos, agregando fundamentações, dados e fatos ao pleito.

Ocorre que, em uma sociedade capitalista, ainda que haja esforços daqueles defensores da agenda argumentativa no âmbito das QSC em formar para argumentar, gerar dissonâncias, representar papéis e interesses opostos ou reconhecer contradições, a tendência é de que o argumento econômico, especialmente aquele em conformidade com a estrutura produtiva e de reprodução da vida no capital tende a vencer. Parece um esforço hercúleo e talvez infrutífero colocar em disputa os argumentos de ambientalistas, de cientistas políticos ou de qualquer ator social ou institucional que faça resistência ao modo de produção do capital e ao modo de vida hegemônico.

Quando ética e moral do fazer científico, dimensões caras das QSC, são inseridas na comunicação com pretensão de evidenciar fragilidades e problemáticas que assolam a população, certamente os defensores dos argumentos econômicos vão acusar de agourentos do progresso ou, nos casos mais cínicos, a reiterada justificativa das violências de que “é preciso quebrar alguns ovos para se fazer a omelete”, corroborando a máxima maquiavélica de que os fins justificam os meios.

Além disso, a elaboração no nível da linguagem não representa necessariamente transformações concretas, mas cria sujeitos competentes para o pleito, especialmente no espaço público. A dimensão da práxis precisa estar no horizonte tanto quanto a formação para a qualificação argumentativa.

Mote de uma formação crítica por meio das QSC: anúncio à maneira de conclusão

Em razão das forças ideológicas e hegemônicas, a realidade é fetichizada e a percepção sobre o movimento real é eclipsada pela aparência. Assumir as controvérsias sob a perspectiva da contradição configura-se como uma estratégia teórica e política de colocar intencionalmente em relevo a natureza mais profunda das problemáticas que enfrentamos e a finalidade política dos nossos processos educacionais.

O referencial teórico e metodológico do materialismo histórico e dialético, nesse sentido, nos oferece um duplo suporte formativo. Do ponto de vista da atividade teórica de conceituação, o método nos subsidia a questionar a natureza contraditória das controvérsias

contidas na concepção das QSC, suas conformações históricas e as características das problemáticas assentadas no desenvolvimento da ciência e da tecnologia e sua articulação com o capital (tecnociência). No plano da ação educativa, da apropriação concreta e coletiva dos problemas da realidade, além de nos conduzir aportar no sentido da análise, o MHD também nos oferece como horizonte projetos políticos populares e emancipatórios no sentido radical. Afinal, o nível de consciência (de professores e alunos) sobre essas problemáticas é tão restrito quanto qualquer nível de consciência sobre a realidade quando estamos falando de alienação do trabalho e da produção do mundo.

Ao advogar em favor da apropriação das Questões Sociocientíficas na perspectiva da da contradição, impõem-se diante de nós os mesmos desafios para a efetivação das questões sociocientíficas, com alguns agravantes a mais: o desafio de superação da lógica formal, especialmente no contexto das ciências naturais onde ela impera há séculos e reverbera sobre a educação científica; o estacionamento diante da sedução da aparência e das análises superficiais da realidade que o tempo, a cultura formativa e as condições de trabalhos nos impõem; a própria dinâmica do capital que por força ideológica nos cobre com um véu que não nos permite enxergar outras realidades possíveis que não a estabelecida.

Nesse sentido, também assumimos a relevância de uma cidadania negativa, em contraposição a uma cidadania da tomada de decisões e de adaptabilidade, constituída a partir de um processo formativo que nega que o estabelecido é a síntese final da ordem material das coisas e da organização social e que se radicalize contínua e coletivamente. Na perspectiva da superação dialética, especialmente fundamentada em Hegel, o materialismo histórico e dialético busca negar determinada realidade, conservar elementos da essência desta realidade negada e elevá-la a um nível superior de qualidade e/ou quantidade para atender aos interesses humanos (KONDER, 1984).

Por fim, esse estudo ratifica a emergência de uma educação científica universal, popular, histórica e socialmente referenciada, vinculada às demandas da classe trabalhadora e aos seus projetos de emancipação; principalmente empreendida independente da chancela do Estado ou de uma esperada declaração oficial do sistema educacional, mas a partir do reconhecimento por parte da classe trabalhadora na educação e da importância da transformação radical das condições objetivas e do papel da educação e das ciências naturais neste projeto de sociedade e educação.

Referências

ALBE, V.; PEDRETTI, E. Introduction to the Special Issue on Courting Controversy: Socioscientific Issues and School Science and Technology. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 13, n. 4, p. 303–312, 2013.

- ALBE, V. Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science and Education*, v. 17, n. 8–9, p. 805–827, 2008.
- ARENAS, M. L. M.; DÍAZ, M. A. R.; PÉREZ, L. F. M. Competencias ambientales en básica primaria a partir del desarrollo de una unidad didáctica sobre la controversia ¿vivienda o humedales? *Indagatio Didactica*, v. 8, n. 1, 2016.
- BENCZE, L.; POULIOT, C.; PEDRETTI, E.; SIMONNEAUX, L.; SIMONNEAUX, J.; ZEIDLER, D. SAQ, SSI and STSE education: defending and extending “science-in-context”. *Cultural Studies of Science Education*, v. 15, n. 3, p. 825–851, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7>.
- BRASIL. *Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília-DF: Diário Oficial da União, Seção 1, 23/12/1996, p. 27833, 1996.
- BRASIL. *Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014*. Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União - Seção 1 - Edição Extra - 26/6/2014, p. 1, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.
- BUNGE, M. *Ciência e Desenvolvimento*. Belo Horizonte, MG: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980. (Coleção o homem e a ciência; v.11)
- CASTELFRANCHI, Y.; FERNANDES, V. Teoria crítica da tecnologia e cidadania tecnocientífica: Resistência, “insistência” e hacking. *Revista de Filosofia: Aurora*, v. 27, n. 40, p. 167–196, 2015.
- EDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Org.). *Argumentation in Science Education: perspectives from Classroom-Based Research*. [S.l.]: Springer, 2007.
- FENSHAM, P. J. Time to change drivers for scientific literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v. 2, n. 1, p. 9–24, 2002.
- FONSECA MATERA, E. N.I; PELLEGRINI, P. A. El rol de los medios de comunicación como iniciadores de una controversia socio-científica: el caso de la crotoxina en Argentina. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social “Disertaciones”*, v. 14, n. 2, p. 1–19, 8 jun. 2021. Disponível em: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/disertaciones/article/view/9774>.
- FOSTER, J. B. *A ecologia de Marx: materialismo e natureza*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- FREITAS, L. C. Os reformadores empresariais da educação e a disputa pelo controle do processo pedagógico na escola. *Educação & Sociedade*, v. 35, n. 129, p. 1085–1114, 2014.
- FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- HABERMAS, J. *Técnica e Ciência como Ideologia*. 1. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014.
- HAND, M.; LEVINSON, R. Discussing Controversial Issues in the Classroom. *Educational Philosophy and Theory*, v. 44, n. 6, p. 614–629, 2012.

- HOBSBAWM, E. J. *En torno a los orígenes de la revolución industrial*. 5. ed. Madri, Espanha: Siglo Veintiuno de España Editores, 1988.
- HODSON, D. *Looking to the Future: building a curriculum for social activism*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre Questões Sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 27–58.
- KOLSTØ, S. D. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, v. 85, n. 3, p. 291–310, 2001.
- KONDER, L. *O que é dialética*. 28. ed. São Paulo: Brasiliense, 2008.
- LACEY, H. Ciência, respeito à natureza e bem-estar humano. *Scientiae Studia*, v. 6, n. 3, p. 297–327, 2008.
- LACEY, H. O lugar da ciência no mundo dos valores e da experiência humana. *Scientiae Studia*, v. 7, n. 4, p. 681–701, dez. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662009000400010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt.
- LEFEBVRE, H. *Lógica formal lógica dialética*. 5. ed. Rio de Janeiro: Civilização brasileira, 1991.
- LEVINSON, R. Controvérsias sociocientíficas: aspectos metodológicos para a aproximação entre educação em ciências e educação popular. *Cadernos CIMEAC*, v. 6, n. 1, p. 6–24, 2016.
- MARX, K. Método da Economia Política [1857-1858]. In: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; CALDART, R. S. (org.). *História, Natureza, Trabalho, Educação*. São Paulo: Expressão Popular, 2020.
- MARX, K. Prefácio à Contribuição à Crítica da Economia Política [1858]. In: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; CALDART, R. S. (org.). *História, Natureza, Trabalho, Educação*. São Paulo: Expressão Popular, 2020.
- MARX, K. Forças naturais, ciência e humanidade [1861-1863]. In: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; CALDART, R. S. (org.). *História, Natureza, Trabalho, Educação*. São Paulo: Expressão Popular, 2020.
- MASSON, G. Materialismo histórico e dialético: uma discussão sobre as categorias centrais. *Práxis Educativa*, v. 2, n. 2, p. 105–114, 2007.
- MCDONALD, J. Exercising Agency in an International Socioscientific Controversy: The Use of Human and Material Agents to Assert Canada's Sovereignty in the Arctic. *Canadian Journal of Communication*, v. 35, n. 1, p. 129–148, 2010.
- MELO, T. B.; AQUINO, D. F.; DIONYSIO, L. G. M.; LIMA, N. L. A.; VIDAL, C. S.; CHRISPINO, A. Um olhar sobre controvérsias nas publicações nacionais de ensino CTS pela análise de redes sociais. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 14, n.

2, p. 357–381, nov. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/76883>.

OWENS, D. C.; SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. Controversial issues in the science classroom. *Phi Delta Kappan*, v. 99, n. 4, p. 45–49, 2017.

ROSA, C. A. P. *História da Ciência: a ciência moderna*. 2. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2012. Volume II. Tomo I.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Philadelphia: Open University Press, 2003.

RAVEENDRAN, A. Invoking the political in socioscientific issues: A study of Indian students' discussions on commercial surrogacy. *Science Education*, v. 105, n. 1, p. 62–98, 2021.

SAITO, K. *O Ecossocialismo de Karl Marx: Capitalismo, Natureza e a Crítica Inacabada à Economia Política*. São Paulo: Boitempo, 2021.

SANTOS, C. S. *Ensino de Ciências: abordagem histórico-crítica*. Campinas: Armazém do Ipê (Autores Associados), 2005.

SANTOS, P. G. F.; CARNIO, M. P.; SANTOS, A. V. F. Brazilian Nacional Curriculum and Socio-Scientific Issues: openings and (im)possibilities for Science Education in the Elementary School. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, São Paulo, v. 13, n. 6, p. 1–24, 2022. DOI: 10.26843/rencima.v13n6a23. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/4385>. Acesso em: 18 abr. 2024.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, p. 474–550, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782007000300007&lng=pt&tlng=pt.

SAUNDERS, K. J.; RENNIE, L. J. A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues In Science. *Research in Science Education*, v. 43, n. 1, p. 253–274, 2013.

SOUZA, P. S. de; GEHLEN, S. T. Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, p. 1–22, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172017190109>.

VIEIRA, S. A.. Césio-137, um drama recontado. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, p. 217–236, 2013.

VIEIRA PINTO, A. *O conceito de tecnologia*. Volume 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, v. 21, n. 2, p. 49–58, 2009.

SOBRE OS AUTORES

PAULO GABRIEL FRANCO DOS SANTOS. É licenciado em Física pela Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2010), mestre (2013) e doutor (2017) em Educação para a Ciência pelo Programa de Pós-graduação em Educação Para a Ciência pela

Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências de Bauru, com pós-doutorado na Universidad de La Habana, Cuba. Participou de projetos nacionais e internacionais de cooperação entre universidade e educação básica, como o Observatório da Educação (Obeduc 2010-2017) e Programa Colombiano-Brasileiro de Formação de Professores de Ciências na interface Universidade-Escola (2012-2015). Atualmente é professor adjunto da Universidade de Brasília, campus de Planaltina, atuando na área de Educação e Linguagens, credenciado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade de Brasília (PPGEduC/UnB). Líder do Grupo de Pesquisa “Educação em Ciências e Matemática no Contexto CTS”. Tem desenvolvido atividades de ensino, pesquisa e extensão principalmente nos seguintes temas: Educação CTSA, Questões Sociocientíficas, Formação de Professores, Educação Científica e Tecnológica Antirracista e Fundamentos críticos e emancipatórios para o ensino de ciências.

GABRIEL MALLMANN. Licenciando em Ciências Naturais pela Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, onde vem desenvolvendo em nível de iniciação científica na área de ensino de Ciências, com ênfase em educação CTSA e Questões Sociocientíficas, por meio do materialismo histórico e dialético. Tem interesse nas áreas de educação CTSA, Questões Sociocientíficas, Educação Ambiental Crítica, história do ensino de Ciências no Brasil e história e filosofia da Ciência.

RODRIGO DIEGO DE SOUZA. Doutor em Educação Científica e Tecnológica (UFSC), professor do Departamento de Estudos Especializados em Educação, do Programa de Pós-Graduação em Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina (EED/PPGE/PPGECT/CED/UFSC). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade de Brasília (PPGEduC/UnB). Líder do FilPEC – Grupo de Estudos e Pesquisas em Filosofia, Políticas Educacionais e Educação em Ciências (<https://filpec.paginas.ufsc.br/>). Editor de seção da Revista ACTIO: Docência em Ciências (ISSN 2525-8923) da UTFPR. Tem se dedicado a pesquisas sobre os Fundamentos Filosóficos e Políticos da Educação e do Currículo e suas interfaces com o Ensino de Ciências de Biologia.

NOTAS DE AUTORIA

Paulo Gabriel Franco dos Santos

<https://orcid.org/0000-0002-8151-5334>

Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Brasília, Distrito Federal, Brasil. CEP: 73345010 – E-mail da instituição: fup@unb.br

E-mail do autor: paulosantos@unb.br

Gabriel Mallmann

<https://orcid.org/0009-0001-6618-870X>

Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Brasília, Distrito Federal, Brasil. CEP: 73345010 – E-mail da instituição: fup@unb.br

E-mail do autor: gabriel.mallmann2001@gmail.com

Rodrigo Diego de Souza

<https://orcid.org/0000-0002-4157-6116>

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Departamento de Estudos Especializados em Educação, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. CEP: 88040900 –

E-mail da instituição: eed@contato.ufsc.br

E-mail do autor: professor.rodrigossouza@gmail.com

Agradecimentos

Não se aplica.

Como citar esse artigo de acordo com as normas da ABNT

SANTOS, P. G. F.; MALLMANN, G.; SOUZA, R. D. Notas para um debate materialista histórico e dialético das questões sociocientíficas: da controvérsia à contradição. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 17, p. 1-28, 2024.

Contribuição de autoria

Paulo Gabriel Franco dos Santos: concepção, elaboração do manuscrito, redação, discussão de resultados.

Gabriel Mallmann: elaboração do manuscrito, redação, discussão de resultados.

Rodrigo Diego de Souza: elaboração do manuscrito, redação, discussão de resultados.

Financiamento

Parte das condições de elaboração deste estudo foi viabilizada pela bolsa de pesquisa de pós-doutorado concedida ao primeiro autor pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal. SEI: 23106.054810/2023-06.

Consentimento de uso de imagem

Não se aplica.

Aprovação de comitê de ética em pesquisa

Não se aplica.

Conflito de interesses

Não se aplica.

Licença de uso

Os/as autores/as cedem à Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution \(CC BY\) 4.0 International](#). Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

Publisher

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Publicação no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus/suas autores/as, não representando, necessariamente, a opinião dos/as editores/as ou da universidade.

Histórico

Recebido: 09 de novembro de 2023

Revisado: 07 de maio de 2024

Aceito: 25 de julho de 2024

Publicado: 15 de outubro de 2024