



# Paulo Freire na Educação em Ciências Naturais: Tendências e Articulações com a Alfabetização Científica e o Movimento CTSA

Rafael Vitame Kauano  • Martha Marandino 

## Resumo

O presente trabalho teórico tem como objetivo apresentar articulações entre os estudos de Paulo Freire e o campo da educação científica. Para tal, nos centramos na perspectiva da Alfabetização Científica (AC) e nas mediações da Educação CTS/CTSA. A alfabetização e o papel do diálogo em Freire são destacados para a compreensão de paralelos e tensões com a alfabetização científica e CTS/CTSA. Reconhecemos que uma fundamentação em Freire é presente em estudos CTS/CTSA, entretanto ainda existe um distanciamento de correlações teóricas entre Freire e AC no Brasil, principalmente em seus sentidos sociais mais profundos. Tal fato, configura-se enquanto um desafio teórico e prático; é necessário que seus pressupostos sociopolíticos ganhem ênfase na educação em ciências diante da constatação de um cenário desfavorável para a educação brasileira em sua totalidade.

**Palavras-chave** EDUCAÇÃO CIENTÍFICA • ENSINO DE CIÊNCIAS • AÇÃO DIALÓGICA • PEDAGOGIA LIBERTADORA

Paulo Freire in Science Education: Trends and Articulations with Scientific Literacy and the CTSA Movement

## Abstract

This theoretical work aims to present articulations between Paulo Freire's studies and the field of science education. We focus on the Scientific Literacy perspective and the mediations of STS/STSE Education. Literacy and the role of dialogue in Freire are highlighted for understanding parallels and tensions with scientific literacy and STS/STSE. We recognize that a foundation in Freire is present in STS/STSE studies, however there is still a distance from theoretical correlations between Freire and AC in Brazil, mainly in its deeper social senses. This fact is configured as a theoretical and practical challenge; it is necessary to emphasize their socio-political assumptions on science education in view of the unfavorable scenario for Brazilian education in its entirety.

**Keywords** SCIENCE EDUCATION • SCIENCE EDUCATION • DIALOGIC ACTION • LIBERTARIAN PEDAGOGY

## Introdução

Vivemos hoje um momento trágico a partir da Pandemia da Covid-19 causada pelo coronavírus. Este episódio histórico, assim como outros semelhantes a este ocorridos no país em séculos passados, sempre tiveram o envolvimento de diversas instâncias sociais e políticas, de diferentes atores e de disputas, especialmente entre medidas sanitárias para manutenção da vida e a pressão para volta a produção econômica (Chalhoub, 1996). Costuma-se dizer nos círculos entusiastas do progresso da ciência que ultimamente ninguém sairá desta Pandemia sem entender minimamente que a ciência está ligada a aspectos políticos, econômicos, sociais — locais e globais —, culturais e ideológicos, que o ritmo da produção do conhecimento científico é lento e envolve riscos e que a distribuição dos produtos da ciência é desigual. Será?

Neste cenário, se por um lado ganha destaque nos debates sociais a importância da divulgação científica, por outro pouco se questiona o papel histórico do ensino de ciências (EC) na apropriação de conhecimentos científicos que envolvem a pandemia. Em que medida a ciência, desnuda pelos acontecimentos contemporâneos, está de fato sendo compreendida, apropriada e direcionada à ações de cuidado individual e coletivo pela sociedade? Como o movimento e as contradições que envolvem a prática científica e da elaboração do conhecimento científico, estruturado em contextos sociopolíticos complexos, estão sendo considerados para que ocorra, como nos apresenta Paulo Freire (2018) na *Pedagogia do Oprimido*, a construção de visões e ações críticas e dinâmicas da/sobre a realidade?

Acreditamos na existência de um problema de ordem histórica que envolve questões estruturais da educação e da divulgação em ciências, chancelado pelo exímio projeto de desqualificação de nossas instituições educativas e culturais, bem como dos profissionais a elas vinculados. Soma-se a essa desqualificação, problemas de ordem epistemológica e ontológica dos conhecimentos e práticas que compõem uma tradição bancária na educação científica formal, não formal e, até mesmo, na divulgação científica. Tradição fundamentada na prática impositiva e dissertativa do processo educativo e comunicativo, no qual o educador narra e conduz o educando à memorização mecânica de conteúdos pré-estabelecidos, tornando-o “cheio” de conhecimentos sem que efetivamente os compreenda e dê sentidos e significados aos objetos do conhecimento (Freire, 2018). Mesmo considerando que muito já se avançou na crítica sobre a educação bancária, ela ainda está presente na prática educativa — desde a concepção de currículos e programas educativos até os livros didáticos e metodologias mais “inovadoras” de ensino — o que torna urgente a necessidade de se olhar para as ideias de Paulo Freire e suas interconexões com os conhecimentos e práticas da educação em ciência. Concordando com Barcellos (2020), para nós não haverá educação científica enquanto existir uma prática hierarquizante que torna estudantes objetos depósitos de conhecimento, é necessário assumir “radicalismos freireanos que nos permitam tensionar a realidade educativa brasileira na tentativa de movê-la de lugar” (p. 1498).

A história do EC no Brasil vem sendo estudada por vários pesquisadores do campo. Neste contexto, o chamado movimento de renovação do EC, ocorrido entre o final dos anos de 1950 e ao longo dos anos de 1960, evidenciou as instituições e atores envolvidos (nacionais e internacionais), explicitando as motivações, os interesses de diferentes grupos sociais e as diversas visões sobre a sua complexidade (Krasilchick, 1987; Selles & Ferreira, 2005; Valla & Ferreira, 2012). Os momentos posteriores vêm sendo igualmente analisados, promovendo a possibilidade de aprofundamento e reflexão, gerando uma enorme quantidade de dados que, infelizmente, nem sempre são usados para orientar políticas públicas de investimento na educação em geral e no ensino de ciências em particular.

As décadas de 1980 e 1990 foram marcadas pela ampliação do ensino de ciências no país com foco na alfabetização científica (AC), fruto de investimentos públicos e privados. Em 1983, foi criado o Subprograma Educação para Ciência/SPEC I do PADCT (programa federal lançado no final da ditadura, administrado pelo CNPq e com apoio da CAPES e FINEP), retomando a necessidade de investir na melhoria do ensino de ciências. Tal Programa promoveu a formação de lideranças e de pesquisadores que fortaleceram a área e que lutam e produzem, até hoje, conhecimentos relevantes para o seu desenvolvimento, assim como análises críticas.

Marandino (1991), em dissertação de mestrado, identificou cinco tendências do ensino de ciências que estavam presentes nas produções acadêmicas oriundas de teses, dissertações e eventos e congressos da área, nacionais e internacionais. Eram elas: (a) contribuições da filosofia da ciência; (b) contribuições da história da ciência; (c) abordagens cognitivas; (d) aproximação das ciências aos problemas sociais e; (e) vinculação do ensino de ciências com a afirmação da escola como fator de transformação social. As duas últimas tendências apontadas na ocasião estavam separadas pelo fato de que a (d) referia-se a um movimento internacional preocupado em problematizar a história, o uso e os impactos da C&T na sociedade e a (e) incluía essa preocupação mas entendia, influenciada pelas ideias de Paulo Freire, que ao problematizar a C&T era necessário buscar a transformação da realidade social.

Nessa perspectiva, educar e ensinar ciências possibilitaria a conscientização e a humanização, promovendo o desenvolvimento das potencialidades e a transformação da sociedade. Na pedagogia libertadora, que inspirava as práticas e a pesquisa de EC nessa abordagem, os objetivos de ensino surgem do contexto histórico-social e a participação de todos os envolvidos é essencial. Aqui o educador é o agente incentivador, provocador e dinamizador do processo de aprendizagem e não mais um transmissor de conhecimentos. Esse processo, segundo Freire (2018), se dá por meio da ação dialógica. Atualmente, podemos afirmar que muitos autores trabalham na articulação das tendências (d) e (e) no Brasil, apesar de também destacarem limitações e distanciamentos com relação ao uso das ideias de Paulo Freire no EC. Ademais, são algumas destas tantas referências que pautaram as reflexões que sintetizamos nas próximas páginas.

Da mesma forma, desde os anos de 1950 a literatura sobre AC ou ACT (alfabetização científica e tecnológica) cresce e se fortalece defendendo que o EC deve favorecer a compreensão da natureza da ciência, de seus processos e das implicações históricas, políticas, sociais e econômicas da ciência (Aikenhead, 1985; Auler & Delizoicov, 2001). Este aprofundamento das discussões sobre AC se articula com o movimento intitulado relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a evolução dos estudos nessas perspectivas nos levam a trabalhos que evidenciam cada vez mais a necessidade do EC promover a participação e engajamento das pessoas para a efetiva promoção da AC (Bucchi & Trench, 20014; Daza-Caciedo, 2013; Santos, 2007; Valladares, 2021).

Assim, a pesquisa e algumas práticas educativas apostam ainda mais na ideia de que a ciência e a tecnologia invadiram o cotidiano das pessoas que passaram a ter a necessidade de compreender, tomar posições, se engajar e participar sobre as várias dimensões que envolvem a produção do conhecimento e da própria ciência enquanto prática sociocultural. Esse contexto fortalece o movimento CTS ou CTSA<sup>1</sup>, o qual tem correntes que buscam fornecer elementos para que os indivíduos compreendam a ciência com vistas a atuar de forma crítica em sua realidade. Trabalhar com as relações entre CTSA na educação e divulgação científica busca a promoção de uma análise reflexiva, crítica e comprometida com uma perspectiva de ciência que rompe com visões dogmáticas, a-históricas e neutras. Essa visão assume a ciência como um empreendimento humano, posicionado, ideológico, político e, por isso, uma construção social (Scalfi et al., 2020). Muitos trabalhos na área, há décadas, destacam a relevância de se incluir as relações CTSA e de se trabalhar com temas polêmicos e controversos em ações educativas nos âmbitos formais, não formais e informais da educação (Delicado, 2009; Pedretti, 2002; Santos & Auler, 2011).

O contexto descrito fortalece a inserção do pensamento freireano no EC, em especial no Brasil. Mais do que isso, Santos (2008a) defende uma visão humanística de ensino de ciências em uma perspectiva educacional de Paulo Freire, buscando superar o que ele já considerava, naquele momento, visões reducionistas do movimento CTS. Segundo o autor, as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de ciências, no que se refere às implicações sociais, devem caminhar para uma abordagem mais radical.

Essa engloba na perspectiva freireana uma educação política que busca a transformação do modelo racional de ciência e tecnologia excludente para um modelo voltado para a justiça e igualdade social. Resgatar essas discussões no ensino de ciências possibilita uma recontextualização do movimento CTS. (Santos, 2008a, p. 111)

Considerando que ao longo dos anos de 1990 e 2000, a AC e o movimento CTS e CTSA têm sido amplamente estudados no Brasil em diversos grupos de pesquisa de diferentes regiões do país (Auler, 2002; Lorenzetti & Costa, 2020; Marandino et al.,

---

1 Dependendo dos autores e das perspectivas que defendem, são usadas expressões CTS ou CTSA, incluindo ou não o ambiente nas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Vilches et al., (2011) analisam a relação entre os dois termos e seus contextos de uso.

2018; Santos, 2007; Sasseron & Carvalho, 2011; Santos & Mortimer, 2001) e que alguns pesquisadores têm articulado essas perspectivas com os trabalhos de Paulo Freire, buscamos neste texto, realizar uma análise teórica das relações que vêm sendo construídas a partir da literatura produzida. Freire é um educador brasileiro e pesquisador cuja obra está centrada na ideia da educação como um ato político, dialógico e de busca conjunta por novas situações para a vida coletiva. A questão da dialogicidade, a abordagem problematizadora e contextualizada e a educação como possibilidade de transformação social, entre outros conceitos das suas obras, vêm também sendo explorados pela literatura que trata da AC e das relações CTS e CTSA.

Para a construção deste texto nos apoiamos em Demo (1995; 2000), que caracteriza linha de pesquisa teórica como relevante para a elaboração e desvelamento de quadros teóricos de referência. Para o desenvolvimento deste tipo de pesquisa adotamos, conforme destaca o autor, procedimentos como o domínio dos autores de referência do tema e a produção de conhecimento criativo com base neles, o domínio da produção existente sobre o tema, a verve crítica e o desenvolvimento de uma personalidade própria sobre a problemática em foco. Desse modo, apresentamos uma síntese teórica pautada em discussões emergentes em nossos percursos acadêmicos e na produção bibliográfica de estudos que envolvem a pedagogia de Paulo Freire. Além disso, tomamos por base algumas das articulações que vêm sendo propostas entre a perspectiva da AC e o movimento CTSA ao longo da história do EC no país, com o objetivo de trazer reflexões sobre o potencial que apresentam no nosso contexto atual. Para tal, construímos a seguinte linha argumentativa:

- 1) Partindo dos referenciais teóricos de Paulo Freire, da AC e das relações CTSA, exploramos os processos de inserção do pensamento freireano no EC brasileiro ao longo dos anos.
- 2) Apresentamos as ideias basilares de Freire que sustentam sua compreensão sobre alfabetização e como elas se apresentam vinculadas ou em paralelo a algumas definições e perspectivas de AC. Logo após, este último aspecto é reforçado pela inserção do enfoque CTSA em diálogo com a AC e pelas contribuições de autores que articulam Freire a esta perspectiva, na direção a uma educação em ciências crítica e humanista.
- 3) Buscamos assumir a “verve crítica” e levantamos, a partir de nossas preocupações e debates atuais, as potencialidades destas articulações, mas também as limitações que podem ser superadas em um processo de (re)aproximação com alguns dos construtos teóricos freireanos.

Ao final, buscamos identificar possíveis tendências neste movimento e advogamos por caminhos mais radicais que busquem uma articulação mais profunda entre Freire, CTSA e AC nas pesquisas desenvolvidas no Brasil.

## A inserção do pensamento de Paulo Freire na educação em ciências

Os estudos de Paulo Freire no universo da educação científica ganharam força a partir da década de 1980. O Brasil vivia seu processo de redemocratização o que permitiu um avanço nas leituras e estudos de autores considerados impróprios pela ditadura, sendo que o próprio Freire retornou ao país em 1979. Também, este fator passa a construir novas visões para a educação científica como a “didática da resolução de problemas” que em alguns casos incorpora questões sociais e contextuais aos processos de aprendizagem de estudantes nas práticas educativas em ciências (Cassiani & Marin, 2020). Este campo fértil introduz estudos como os mestrados e doutorados realizados no Instituto de Física da USP e na Faculdade de Educação da USP, conduzidos por Demétrio Delizoicov Neto (1982, 1991) e Marta M. C. A. Pernambuco (1981, 1994), ambos educadores e pesquisadores do campo do ensino de ciências que tiveram colaboração estreita com Paulo Freire. Essas parcerias ocorreram tanto durante o tempo em que Freire esteve exilado e atuou como consultor em reformas educacionais em colônias portuguesas na África, particularmente na Guiné-Bissau, quanto no período em que assumiu a Secretaria Municipal de Educação de São Paulo (1989 a 1991), quando Luiza Erundina foi prefeita (1989–1993).

A experiência da Guiné-Bissau foi analisada de forma exaustiva por Delizoicov (1982), em seu mestrado. Já em sua tese de doutorado, Delizoicov (1991) analisa este e outros projetos que envolveram a articulação do ensino de ciências com as ideias Freireanas. A experiência na Guiné-Bissau, realizada em cooperação com o Ministério da Educação daquele país africano durante os anos de 1979 a 1981, teve como foco a “Formação de Professores de Ciências Naturais” destinada ao ensino das escolas dos anos iniciais do ensino básico. José Angotti, que também desenvolveu seu doutorado na área de ensino de física neste período no IFUSP, coordenou o mesmo projeto durante os anos 1980 e 1981. Outro projeto com base em Paulo Freire foi o “Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade”, desenvolvido desde 1984 no Rio Grande do Norte e coordenado por Marta Pernambuco. Tais iniciativas, associadas a outras ações, impactaram de forma contundente as pesquisas e as práticas na área de EC no período, além de desdobrarem-se em políticas públicas.

O livro “Ousadia no Diálogo”, publicado em 1993 e organizado por Nídia Nacib Pontuschka e com a participação de autores como Demétrio Delizoicov e Marta Pernambuco, relata a parceria que ocorreu entre educadores da rede pública de São Paulo, professores universitários e intelectuais na implementação de perspectivas freireanas e interdisciplinares no currículo do município. Na ocasião, Paulo Freire era secretário da educação do município de São Paulo e a iniciativa tinha como objetivo promover a qualidade da educação na escola básica. Com foco na interdisciplinaridade, problematização de conhecimentos dos diferentes atores no processo educativo, a relação entre conteúdos/tema gerador e a realidade dos educandos, a ação dialógica e a autonomia escolar.

Além deste livro, algumas das experiências de articulação entre o EC e as ideias de Freire foram sintetizadas nas obras “Metodologia do Ensino de Ciências” de Demétrio Delizoicov e José Angotti, publicada em 1991 e “Ensino de Ciências: fundamentos e métodos” que além dos autores da obra anterior tem como autora Marta Pernambuco, publicada em 2002. Os livros apresentam, destacando a relevância social e produção histórica da ciência, a organização da metodologia de ensino de ciências pautada nos pressupostos da investigação temática de Freire e nos três momentos pedagógicos. Tal construção metodológica vem pautando uma série de pesquisas e práticas de ensino usando pressupostos da investigação temática, problematização, diálogo, práxis e conscientização de Freire. Incluindo seus desdobramentos em pesquisas sobre composições curriculares no ensino básico a partir da abordagem temática freireana (ATF) (Klein et al., 2020; Paniz et al., 2018), junto a articulações com pressupostos CTS/CTSA balizadas também pela ideia de temas geradores (Auler; Dalmolin, 2009).

De fato, ao longo dos anos 2000, notamos uma sistemática inserção do pensamento de Paulo Freire junto a educação CTS/CTSA, decorrente não só das afinidades e possibilidades de aproximação, mas também de uma necessidade de discussão dos significados de um movimento educacional pautado nas especificidades históricas e culturais da América Latina e, no nosso caso, do Brasil. Temos destaque neste período das produções vinculadas aos professores Simoni Gehlen, Roseline Strieder, Cristiane Muenchen, Décio Auler e Irlan von Lisingen. Também nos anos 2000, o pesquisador Wildson Santos, já falecido, introduz debates sobre a inserção do pensamento de Paulo Freire no EC, principalmente correlacionando as questões sociocientíficas (QSC ou SSI) e CTSA às teorias freireanas no projeto Ensino de Química e Sociedade, do qual foi coordenador (Santos, 2009) junto ao professor Gérson Mól.

Importante destacar que desde pelo menos os anos de 1970, o pensamento de Paulo Freire também é usado como referência na área de educação ambiental, a qual mantém aproximações com o campo do ensino de ciências. Dias (1991), em artigo sobre os então quinze anos da educação ambiental no Brasil, revela as articulações dessa área com as ideias progressistas, críticas e transformadoras de Freire. Tais articulações, ao longo dos anos e com o desenvolvimento de pesquisas e práticas, deu corpo a tendência na área intitulada de educação ambiental crítica, focalizada em analisar as dinâmicas sociais que se encontram na base das problemáticas ambientais e considerar o caráter político e a práxis pedagógica transformadora. Como aponta Dickmann (2015) compreender a educação ambiental nessa linha é se apoiar na perspectiva freireana de descobrir o mundo-natureza e o mundo-cultura, possibilitando pensar uma educação voltada para o meio ambiente em perspectiva crítica, que supera a dicotomia homem-mundo. Segundo este autor, esta visão “não aceita a objetivação cientificista da natureza como provedora de matéria-prima para a produção de objetos consumíveis e, o ser humano, como um consumidor de mercadorias, mas avança para a construção de uma nova racionalidade ambiental, que tem como princípio a sustentabilidade da vida e do Planeta, das sociedades e de todos os seres vivos” (p. 42).

Ainda é possível lembrar outros caminhos de conexão como a educação no campo, área na qual a inserção do pensamento freireano é notável, a exemplo das escolas do campo instituídas pelo Movimento dos Trabalhadores Sem Terra (MST) e, mais recentemente, o desenvolvimento de práticas populares de educação e divulgação em ciências e tecnologia como o Coletivo Embraza Ciência que vem desenvolvendo uma proposta de divulgação científica com populações em maior vulnerabilidade socioeconômica na cidade de São Paulo, vinculada a pressupostos da educação popular de Freire em conjunto a síntese de debates atuais sobre CTS/CTSA e a alfabetização científica.

Buscamos, neste item, apresentar algumas das formas com que a educação em ciências foi se aproximando e incorporando as ideias de Paulo Freire nas práticas pedagógicas e nas pesquisas na área. A seguir iremos discorrer sobre como os conceitos de alfabetização e diálogo foram sendo apropriados na literatura da ensino de ciências, promovendo a construção do processo de AC com bases freireanas.

## **A alfabetização e o diálogo em Freire como base para Alfabetização Científica**

Neste item trazemos algumas das articulações encontradas na literatura em ensino de ciências entre a AC e as ideias de Paulo Freire. Um primeiro aspecto que chama atenção neste movimento diz respeito ao conceito de alfabetização. Freire afirma que não se deve reduzir a alfabetização ao ensino de letras, sílabas e palavras dentro de um processo no qual o educador preenche as cabeças vazias dos educandos (Freire, 1989). Ao contrário:

enquanto **ato de conhecimento** e **ato criador**, o processo da alfabetização tem, no alfabetizando, o seu sujeito. O fato de ele necessitar da ajuda do educador, como ocorre em qualquer relação pedagógica, não significa dever a ajuda do educador anular a sua criatividade e a sua responsabilidade na construção de sua linguagem escrita e na leitura desta linguagem. Na verdade, tanto o alfabetizador quanto o alfabetizando, ao pegarem, por exemplo, um objeto, como laço agora com o que tenho entre os dedos, sentem o objeto, percebem o objeto sentido e são capazes de expressar verbalmente o objeto sentido e percebido. [...] A alfabetização é a criação ou a montagem da expressão escrita da expressão oral. Esta montagem não pode ser feita pelo educador para ou sobre o alfabetizando. Aí tem ele um momento de sua tarefa criador. (Freire, 1989, p. 13, grifos nossos)

A alfabetização para Freire (1989) é o domínio da leitura e da escrita em termos conscientes, “é entender o que se lê e escrever o que se entende” e “implica uma autoformação da qual pode resultar uma postura atuante do homem em seu contexto” (Freire, 1989, p. 41). Portanto estrutura-se junto ao processo de tomada de consciência crítica a partir de problematizações da realidade que são capazes de, a partir do universo vocabular próprio das pessoas educandas, atribuir sentidos profundos, diversos e conexos entre as palavras e o mundo onde se vive.

Este caminho define-se pela crítica e superação à educação bancária levantada por Freire em “Pedagogia do Oprimido” (Freire, 2018). Fundamentada pela Teoria da Ação Dialógica e pela Investigação Temática, a ideia de alfabetização freireana direciona a práxis pedagógica emergente de contextos de vida, horizontal, promotora de autonomia, de escuta e diálogo, acolhimento e respeito nas relações entre pessoas educadoras e educandas.

Além disso, faz parte da dialogicidade a compreensão por todos partícipes do processo educativo de contextos e cotidianos histórico-culturalmente forjados a partir de contradições que na prática social definem as situações-limite — obstáculos a serem transpostos no e pelo processo educativo a partir do caminho metodológico que envolve a *codificação-problematização-descodificação* — que devem ser decifradas e percebidas de forma consciente e crítica pelas pessoas educandas para que seja superada uma postura de imobilidade perante tais realidades (Freire, 2018).

De forma semelhante, autores da área de EC têm assumido a AC como um processo de apropriação da ciência enquanto linguagem a ser apropriada de forma reflexiva (Chassot, 2003) transpondo sentidos mais internalistas da atividade científica em um caminho para “transformar homens e mulheres em cidadãos” (Martins, 2007, p. 58). Também, a importância da contextualização e significação é destacada por Bybee (2016) e, mais recentemente, investigações e proposições que articulam AC, participação e engajamento para a transformação social (Valladares, 2021).

Neste sentido, podemos identificar importantes paralelos e pontos de conexão da AC com a alfabetização em Freire já que se busca desvendar o universo científico partindo da colaboração e união entre pessoas educadoras e educandas, promovendo o ato criativo/transformador e valorizando a leitura do mundo de educandos que irá, na práxis pedagógica, pôr-se em relação dialética com o conhecimento científico em um processo semelhante ao que Freire (2018) chama de síntese cultural.

A partir desta leitura, Auler e Delizoicov (2001) discutem que existem duas perspectivas em jogo no que se refere a ACT: uma reducionista e a outra ampliada. Para os autores a perspectiva reducionista estaria comprometida com a transmissão unidirecional dos conteúdos científicos, o que nos aproxima da perspectiva bancária e antidialógica tanto nas estratégias de ensino quanto na definição de programas de ensino formal e não formal. Já a visão ampliada da ACT está relacionada com uma educação científica progressista, pautada em pressupostos freireanos, direcionada para a superação de mitos referentes à Ciência e Tecnologia (C&T), que instauram-se nos processos educativos de perspectiva reducionista. Esses mitos seriam: os modelos de decisões tecnocráticas fundamentado em visões científicas, o salvacionismo científico e tecnológico e o determinismo tecnológico que tem como central a ideia de que o progresso tecnológico define as configurações sociais em uma única via de “progresso”, absoluta e inquestionável (Auler & Delizoicov, 2001). Para os autores e em nossa leitura, estes mitos reforçam aspectos que distanciam o conhecimento científico e tecnológico da realidade das pessoas educandas.

As duas perspectivas apontadas por Auler & Delizoicov (2001) já haviam sido de certa forma anunciadas por Marandino (1991), quando mapeou as tendências do EC separando àquela que buscava a aproximação das ciências aos problemas sociais da outra tendência que apontava para a vinculação do ensino de ciências com a afirmação da escola como fator de transformação social. Essas diferenças revelam que concepções epistemológicas e metodológicas estão em jogo quando se analisa a literatura sobre a AC. Segundo Auler & Delizoicov (2001), a perspectiva reducionista é marcada pelo modelo de déficit cognitivo, tornando o conhecimento abstrato e desconexo, não problematizador e esvaziado de possibilidades de debates, argumentação (características fundamentais da natureza da ciência) e ação política democrática centrada em uma cultura de participação (Santos & Auler, 2019). Tais elementos são fundamentais para a tomada de decisões conscientes referentes à C & T e, principalmente, para leitura crítica da realidade a partir de conhecimentos e habilidades emergentes do estudo das ciências naturais.

Consideramos que os aspectos relacionados à perspectiva reducionista da AC se aproximam dos conceitos de cultura do silêncio e invasão cultural (Freire, 1981; 2018) determinantes para a compreensão do pensamento educativo freireano. Freire (1981), afirma que na cultura do silêncio não há participação popular nos processos históricos da sociedade, tornando as massas mudas e podadas de sua criatividade e potencial participativo. Assim, marca-se o advento da ideologia fatalista:

A ideologia fatalista, imobilizante, que anima o discurso neoliberal anda solta no mundo. Com ares de pós-modernidade, insiste em convencer-nos de que nada podemos contra a realidade social que, de histórica e cultural, passa a ser ou a virar “quase natural”. Frases como “a realidade é assim mesmo, que podemos fazer?” ou “o desemprego no mundo é uma fatalidade do fim do século” expressam bem o fatalismo desta ideologia e sua indiscutível vontade imobilizadora. (Freire, 2013, p. 21)

Superar o fatalismo, a cultura do silêncio, na arquitetura do pensamento de Freire é sobretudo promover o diálogo libertador que “é uma comunicação democrática, que invalida a dominação e reduz a obscuridade, ao afirmar a liberdade dos participantes de refazer sua cultura” (Freire & Shor, 2008, p. 123). Enquanto uma categoria teórica, o diálogo é um processo político-humanizador que fundamenta-se na problematização da realidade a partir da interação e compartilhamento de pensamentos de pessoas diferentes que, em comum acordo, são direcionadas a ações concretas (Freire, 2018). No entanto, Freire pautava uma série de indagações a respeito da existência desse diálogo: ele não pode partir de uma posição de autoritarismo e superioridade de saberes, deve reconhecer a partilha da ignorância das pessoas envolvidas em seu ato. Propõe, dessa forma, que a pronúncia do mundo das massas seja protagonizada.

Os sentidos dados por Freire à alfabetização enquanto processo dialógico foram sendo apropriados por autores do ensino de ciências que trabalham com AC. Santos (2008) afirma que o diálogo vem sendo tratado com importância nos processos

educativos no EC, principalmente os que se pautam em perspectivas socioculturais da aprendizagem. Entretanto, pontua que para se incorporar a concepção freireana é preciso justamente que os objetivos de ensino e aprendizagem estejam claramente relacionados a questões sociais e políticas.

Algumas investigações no EC estruturam suas bases a partir das ideias de Freire anteriormente indicadas. Destacamos os trabalhos de Sasseron & Carvalho (2008; 2011), por serem referências na literatura brasileira sobre o tema. As autoras adotaram, a partir de debates ressurgentes sobre as dissonâncias e aproximações entre os termos encultramento científico, letramento científico e alfabetização científica, o uso deste último. Fazem isso pautadas na interpretação do conceito de alfabetização em Freire, propondo três eixos básicos para a AC: (a) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais referentes à construção de conhecimentos científicos para aplicá-los em situações cotidianas; (b) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, relacionados ao caráter inacabado da ciência e ao caráter humano e social inerentes às investigações científicas; e (c) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Para Sasseron (2015), os eixos marcam grandes linhas orientadoras e percorrem pontos canônicos do currículo de ciências tanto para sala de aula quanto para ações em esferas extraescolares. A autora afirma também que “Ainda que os três eixos estruturantes possam não se fazer presentes em todas as aulas, é necessário que eles sejam equitativamente considerados ao longo do desenvolvimento de um tema” (p. 57).

Os trabalhos de Anna Maria Pessoa de Carvalho e de Lúcia Sasseron apresentam aspectos de articulação entre os pressupostos da AC e a ideia basilar de alfabetização em Freire, especialmente na potencialidade desta conexão com os eixos de estudo da natureza da ciência e das relações CTS. No entanto, nos parece que ao discutir a implementação de propostas de AC a partir dos eixos e indicadores a eles associados, — (a) organização e classificação de dados; (b) levantamento e teste de hipóteses, (c) explicações e previsões e (d) raciocínio lógico e proporcional — Sasseron (2015) enfatiza os aspectos relacionados às dimensões internas na produção da ciência e às habilidades cognitivas dos indivíduos, considerando certa simetria entre o pensamento científico ou cultura científica e o pensamento crítico. Essa perspectiva é reforçada pelo papel central dado à investigação e argumentação na proposta da autora.

Importante deixar claro que não somos contrários nem criticamos a importância de que esses aspectos sejam trabalhados no ensino de ciências; o que sublinhamos é que a perspectiva defendida acaba por tratar os aspectos sociais e políticos da ciência na relação com a sociedade (que estariam dentro da dimensão CTS) de forma ainda pouco substancial defronte suas reais possibilidades, os limitando e/ou conformando em habilidades delimitadas pelo fazer/pensar científico a serem usadas em momentos “desafiadores”. Esta perspectiva não representa necessariamente uma ação imediata e reflexiva sobre a realidade, aspecto este mais próximo da concepção de Freire de alfabetização.

Como nos alertam Auler & Delizoicov (2001) e Santos (2008a), existem potencialidades mas também limitações na articulação entre os elementos teóricos do pensamento de Paulo Freire e o EC. Por exemplo, aspectos políticos e sociais algumas vezes ficam ausentes ou tratados de forma secundária, além de nem sempre se explicitar claramente a forma como se dá a relação entre pessoas educadoras e educandas. Entendemos que trabalhar a AC na perspectiva freireana implica considerar tanto os aspectos conceituais quanto aqueles relacionados à natureza da ciência e as dimensões sociais, culturais, democráticas, políticas e econômicas que são estruturantes da realidade onde se dará o trabalho educativo e que ao mesmo tempo, como aponta Santos (2008a; 2008b) são fundantes da vinculação da AC enquanto processo de humanização.

Desta forma, inclui-se o planejamento de estratégias de engajamento e de participação no que se refere às relações entre ciência, tecnologia e sociedade e ambiente. Coerente com estas críticas, algumas correntes da educação CTS/CTSA no EC buscam explorar as interações entre ciência e sociedade, promovendo visões contextualizadas, politizadas, críticas e complexas nos processos AC. Implicam, desse modo, em promover mudanças sociais e ambientais, mobilizando a sociedade para ir além da compreensão da informação científica e se engajar com processos de reflexão, tomada de decisão e ação sobre assuntos de C&T que impactam as nossas vidas e nosso bem estar (Pedretti & Nazir, 2011).

A partir da análise do movimento CTS/CTSA no EC, bem como a formulação da perspectiva de AC pautada nestas relações, identificamos articulações mais intensas e coerentes com as ideias freireanas e iremos abordar este tópico no item a seguir.

## **A alfabetização científica na perspectiva CTS/CTSA e as articulações com as ideias freireanas**

A preocupação com a AC em vários países esteve relacionada ao desenvolvimento científico e tecnológico. Para Deboer (2000) tal preocupação foi impulsionada na Europa e nos EUA durante o século XVII e XVIII e, ao longo dos séculos XIX e XX, eventos sociais marcantes imprimiram mudanças na forma com que a ciência começa a ser vista pela sociedade. A II Guerra Mundial e as tragédias sociais e ambientais (como a acelerada degradação dos ambientes naturais no pós guerra, a fome, o advento dos pesticidas), assim como o lançamento do Sputnik pela União Soviética em 1957 exemplificam alguns desses eventos que levaram a preocupação de países como os EUA, com a formação de jovens cientistas e de uma população cientificamente alfabetizada. Esses acontecimentos tiveram impactos diretos nas propostas curriculares de ciências nesses locais (Hurd, 1998; Krasilchik, 1987; Marandino et al., 2018).

Segundo Marandino et al (2018), o panorama descrito influenciou fortemente os processos de avaliação educacional desenvolvidos ao longo do século XX. Afirmam as autoras que:

Em junho de 1958, o relatório produzido pela Fundação Rockefeller, nos EUA, sobre como o sistema educacional poderia ser usado para preparar de modo mais eficiente pessoas para um mundo de mudanças rápidas, argumentava em

prol da alfabetização científica. E em outubro do mesmo ano, Hurd publicou, um artigo cunhando o termo “*scientific literacy*” para se referir aos novos desafios da educação em ciências, sendo o primeiro pesquisador que o utilizou (Deboer, 2000). Para Roberts (2007), contudo, o trabalho de Pella et al. (1966) representa uma das primeiras tentativas de fornecer uma base empírica para a definição de AC, enfatizando as relações entre ciência e sociedade, a dimensão ética, a natureza da ciência, entre outros aspectos. (Marandino et al, 2018, p. 3)

Desde então, diferentes perspectivas vêm sendo trabalhadas no âmbito das discussões de AC. De forma semelhante às proposições de ACT reducionista e ampliada discutidas por Auler e Delizoicov (2001), para Roberts (2007), a AC pode ser entendida a partir de duas visões globais: a que foca o interior da ciência ortodoxa e enfatiza o entendimento dos conceitos científicos e o desenvolvimento de habilidades sobre ciência; e a que se coloca para além dos conceitos e incorpora a tomada de decisões na vida cotidiana, relacionadas à ciência, sendo esta influenciada por dimensões sociais, políticas, econômicas e éticas. Essa segunda visão de AC vem sendo fortalecida a partir do aprofundamento do movimento CTS/CTSA em diversos contextos.

Além das questões como participação e engajamento, a aproximação da AC com o movimento CTS/CTSA destaca a relevância de trabalhar, nas práticas educativas e de divulgação, com aspectos relacionados a questões sociocientíficas e sociotécnicas no sentido de desenvolver uma educação comprometida com um mundo melhor e socialmente mais justo (Hodson, 2013). Além disso, a defesa da abordagem de temáticas controversas, contemporâneas e polêmicas da ciência e da tecnologia e das suas relações com a sociedade, vem sendo considerada como parte do processo de AC por diversos autores, incluindo os latino-americanos (Colciencias, 2011; Daza-Caicedo, 2013).

Na literatura internacional, Pedretti & Nazir (2011) afirmam que promover a educação na perspectiva CTSA significa explorar as interfaces entre ciência e o mundo social com o objetivo de preparar os estudantes para que possam compreender temas sociocientíficos, tomar decisões informadas e responsáveis e atuar em seu contexto. Hodson (2013), apoiado no trabalho de Pedretti & Nazir (2011), defende que deve-se priorizar a compreensão da ciência no seu contexto sociocultural e promover o envolvimento crítico dos indivíduos para a solução de problemas por meio de ação. Alsop & Benzce (2014) e Valladares (2021) aprofundam as dimensões de envolvimento crítico e ação a partir de um movimento emergente, voltado a promover uma educação em ciências que estimule o ativismo.

Autores que estudam o enfoque CTS/CTSA propõem que os processos educativos considerem as capacidades dos sujeitos de: (i) compreender assuntos sociocientíficos, (ii) formular visões próprias e pontos de vista sobre esses assuntos, (iii) reconhecer as forças sociais, políticas e econômicas que influenciam as atividades científicas e tecnológicas, (iv) tomar decisões de forma responsável e informada (considerando componentes morais e éticos) e (v) atuar em sua realidade (Hodson, 2013; Pedretti & Nazir, 2011). Como apontam Albe & Pedretti (2013), o ensino de assuntos sociocientíficos está orientado a

desenvolver um tipo de cidadania que prioriza a compreensão e a participação, podendo ainda promover o empoderamento de estudantes para refletirem sobre princípios morais que envolvem as suas próprias vidas, bem como os mundos físicos e sociais ao seu redor. Isso significa reconhecer, como esclarecem Meyer & El-Hani (2019), que existem incertezas e diferentes graus de confiança nos achados da ciência, sendo ela, ainda assim, uma importante e necessária forma para gerar novos conhecimentos, mesmo que possam ser questionados em algum momento e que possam ser colocados em diálogo com outros saberes.

A visão de AC associada ao movimento CTS/CTSA vem marcando, mais recentemente, a produção acadêmica e as práticas pedagógicas em EC, nos âmbitos nacional e internacional. Entretanto, é possível afirmar que a AC e o movimento CTS/CTSA se desenvolveram, ao longo do tempo, a partir de diferentes concepções de ciência, da forma de ver a relação entre ciência e sociedade e das concepções de educação presentes, entre estas o diálogo com pressupostos freireanos. Santos (2008), autor brasileiro reconhecido por seus trabalhos nessa interface e sempre atento às suas limitações, afirma que:

Marcar a diferenciação entre uma visão de CTS com enfoque freireano é fundamental para diferenciar posições, que muitas vezes ingenuamente se apresentam com o argumento da relevância social para esconder o seu discurso de manutenção do status quo, do processo de opressão que marca o mundo globalizante de nossos tempos. (Santos, 2008, p. 123)

É por este motivo que na área de EC a articulação entre o movimento CTS/CTSA e o pensamento de Paulo Freire ganha força em autores que atuam e pesquisam especialmente no contexto latino-americano, tomando como premissa um processo educativo emergente em ciências, a partir das especificidades regionais. Auler & Delizoicov (2015) propõem a articulação das teorias pedagógicas de Freire com uma corrente teórica denominada “Pensamento Latino Americano em Ciência-Tecnologia-Sociedade” (PLACTS), a qual surge na América Latina, especificamente na Argentina, durante a década de 1960. Esta corrente questiona a transferência tecnológica de viés imperialista para os países em desenvolvimento em detrimento do desenvolvimento contextualizado e crítico de um *Projeto Científico Tecnológico* (PCT), voltado às demandas sociais (Dagnino, 2008). Assim,

O PLACTS defende a concepção de uma agenda de pesquisa, de uma PCT a partir de demandas latino-americanas. Freire sustenta a concepção de currículos a partir de elementos locais, também latino-americanos. Em ambos, novos atores sociais entram em cena, verbalizando, colocando suas demandas em pauta. (Auler & Delizoicov, 2015, p. 286)

No mesmo caminho Oliveira & Linsingen (2019), autores brasileiros, analisam o movimento CTS e afirmam a existência de duas tradições: a europeia, organizada em um viés mais acadêmico; e a norte-americana, pragmática e preocupada com as

consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos. Esses autores também apontam para a existência de uma terceira vertente latino-americana oriunda do PLACTS, buscando considerar as peculiaridades regionais no movimento CTS. Para eles as ideias de Paulo Freire estão articuladas neste contexto com a pedagogia decolonial.

O ponto chave destacado por Freire era enfatizar a responsabilidade de pensar criticamente, confrontando condições de exploração, opressão, além da luta contra a discriminação racial, de gênero e de classe (Freire, 1996). Princípios esses que conversam muito com a pedagogia decolonial e que também sustentam teoricamente a Educação CTS Latino-americana. (Oliveira & Linsingen, 2019, p. 183)

Oliveira & Linsingen (2019) tecem uma visão crítica a ideia de que existe um “sul” homogêneo e assumem a perspectiva decolonial da educação, que denuncia a continuidade das formas coloniais de dominação, incluindo a visão hegemônica da ciência moderna. Corroboram, desse modo, com vários autores sobre as consequências das ações civilizatórias sobre os conhecimentos das culturas não eurocentradas, já que esses foram excluídos, omitidos, silenciados e ignorados. Apontam assim, a partir de diferentes autores, para a necessidade de denunciar a hierarquização na cultura moderna (homem/mulher, branco/negro, escrito/oral, ocidente/oriente) e defendem que a educação CTS latino-americana deve trabalhar no sentido de desconstruir concepções tornadas universais e naturalizadas e dar visibilidade a outras formas de conhecimento.

A problematização sobre as concepções de C&T do movimento CTS/CTSA já estavam sendo levantadas antes mesmo da articulação com a perspectiva decolonial. Rosa & Auler (2016) apontaram as convergências entre a educação CTS em contextos latino-americanos e o pensamento freireano. Em um primeiro momento tomam por base a postura crítica da educação CTS em direção a uma cultura de participação em questões referentes à C&T, abrindo caminhos para a superação de uma cultura do silêncio (Freire, 1981; 2018) construída em torno destas questões. Assim como Oliveira & Linsingen (2019), alertam sobre a natureza da construção do movimento CTS no contexto do Hemisfério Norte (da erudição europeia a regulação social em países desenvolvidos) e suas implicações no conceito de participação:

Uma participação que, em linhas gerais, limita-se ao “pós”, pós-definição da agenda de pesquisa, pós-execução de projetos tecnológicos. Uma linguagem usual desse tipo de participação consiste em: avaliar impactos positivos e negativos da CT, na sociedade, no ambiente, potencializando os primeiros e atenuando os segundos e avaliar implicações da CT na sociedade. Ainda, uma participação pós consumo, na qual cabe à educação buscar alternativas para atenuar o problema do lixo produzido, reduzindo a sua reciclagem. (Rosa & Auler, 2016, p. 205)

Para os autores, esta participação centrada no “pós” é fruto direto do culto ao mito da neutralidade científica que fomenta o modelo linear e de decisões tecnocráticas. Assim, dialogam com Freire quando propõe que seja superada a cultura do silêncio

que “reforça a ideia de que a sociedade não tem potencial para alterar a dinâmica do desenvolvimento científico-tecnológico, tornando-se, cada vez mais, passiva diante desse desenvolvimento” (Rosa & Auler, 2016 p. 214). A promoção de uma cultura de participação social é fruto de um processo educativo que movimenta-se para a superação da cultura do silêncio, baseado na dialogicidade e na escuta de movimentos sociais dentro dos espaços educativos (Santos & Auler, 2019).

Neste sentido, pode-se supor que a educação fundamentada nos preceitos da perspectiva PLACTS, na pedagogia decolonial e no pensamento freireano promotor de participação, rompe com tendências de AC como a visão reducionista (Auler & Delizoicov, 2001) e a internalista que Roberts (2007) aponta como centrada apenas em produtos e processos científicos. Uma vez que há, embutidas nestas concepções, um princípio de neutralidade e de universalidade da ciência europeia e colonial que as perspectivas teóricas elencadas buscam desconstruir. Brulon (2020), ao discutir o papel dos museus e da produção da ciência na perspectiva da modernidade e da colonialidade ressalta que esta se deu em um contexto de dominação imperial que, na verdade, está também vinculada a produção de conhecimento sobre aqueles que se quer dominar. Para ele, diversos autores argumentam sobre a necessidade da Europa de inventar uma periferia — em termos de mercadorias, de pensamento e de cultura — para se pensar como centro superior.

Tal concepção aponta para a desconstrução de um ponto de vista historiográfico hegemônico sobre o contato da Europa com os outros continentes não europeus, partindo do entendimento de que a metrópole nunca descobriu (*des-cobierito*) o Outro construído como objeto e material), mas encobriu (*encobierito*) esse Outro, assimilando-o a um discurso universal e a uma temporalidade única e linear. Nesse sentido, o domínio pelo pensamento significou uma subordinação dos corpos à mente do sujeito soberano que esteve na base do conhecimento produzido pelo processo de colonização. (Brulon, 2020, p. 6)

A ideia de uma ciência universal que se sobrepõe a outras formas de conhecimento também se articula com o conceito de invasão cultural de Paulo Freire. Como defende Barcellos (2020), a invasão cultural implica na sobreposição de uma visão de mundo, posta como superior, sobre a outra (Freire, 1970). Não há espaço para a existência de outras visões de mundo. Apenas uma visão errada que precisa ser substituída por uma correta” (Barcellos, 2020, p. 1501). Neste contexto, é necessário olharmos para o tema da alfabetização científica, nos perguntando sobre que “ciência” queremos alfabetizar.

Para Hodson (2017), o significado de alfabetização científica não é único e neutro: pode mudar de acordo com o contexto social e é um produto de seu tempo e espaço. Por essa razão, segundo este autor, o sentido da alfabetização científica não cruza facilmente barreiras nacionais e culturais e não pode ser transferida confortavelmente de uma era para outra. Como outros termos, a alfabetização científica possui uma história e uma origem social, cultural, política e econômica que traçam o seu estabelecimento. Também como outros termos, vem passando por críticas, mudanças e adequações oriundas das

demandas sociais e culturais de diferentes contextos e das lutas de pessoas e grupos que se interessam em promover o verdadeiro diálogo e as verdadeiras transformações movidas pela práxis.

A maioria das afirmações dos autores anteriormente citados se situam no espaço-tempo da escola. Aqui, no entanto, nos referimos a um sentido ampliado, envolvendo outros contextos educacionais e sociais e promovendo a entrada da sociedade nos processos decisórios referentes a C&T, incluindo agendas de pesquisa com objetivo do desenvolvimento regional. Portanto, a educação CTS/CTSA deve romper silenciamentos e fomentar a participação que traga para a centralidade problemas existenciais, regionais e suas correlações com questões e demandas científicas e tecnológicas.

Podemos entender que o diálogo com Freire nos trabalhos dos autores citados centra-se no ciclo problematizador que parte das situações-limite, atos-limite e construção do inédito viável (Freire, 2018). Nesta perspectiva, tanto questões referentes à C&T quanto às questões experienciais constituintes do “saber de experiência feito”, configuram-se enquanto dimensões concretas e históricas de uma determinada realidade, portanto desafiadoras (embebidas de situações-limite) que carecem do processo educativo dialógico (ato-limite) para se reformularem enquanto o inédito-viável. Este se caracteriza, no plano cognitivo, pela potencialização da leitura de mundo através da sistematização de consciência crítica e, no material, por ações transformadoras direcionadas pela práxis (Freire, 2018).

Todo este processo é característico da pedagogia da libertação direcionadora da superação do que mais marcadamente Freire (1981) descreve como “cultura do silêncio”. O silêncio impõe-se no processo de dominação cultural, cujos agentes dominadores/colonizadores manifestam-se na construção de uma realidade opressora constituinte de uma sociedade dócil e obediente, na qual, também, impõe-se o universo científico quando pensamos nos modismos e tradições da ciência moderna hegemônica que não se comunicam com necessidades existenciais, tampouco, educacionais brasileiras.

## **Potencialidades e limitações na construção de uma ponte entre Paulo Freire e Alfabetização Científica**

As perspectivas mais atuais de AC incorporam as necessárias questões conceituais, os aspectos relativos à natureza da ciência e à formação para a cidadania, envolvendo muitas vezes as relações CTS (Sasseron & Carvalho, 2008) e a participação e engajamento (Valladares, 2021). Aqui retornamos o que Santos (2008b) coloca como estruturante de uma articulação entre educação científica na perspectiva humanística de Freire: a necessidade de colocar em prática a ação social e política sobre uma realidade determinada na qual vivem as pessoas educandas. Logo, é importante nos questionarmos em que medida, nas abordagens de AC, os conceitos científicos e tecnológicos são mobilizados com base em diálogos problematizadores a partir das contradições e situações-limite constituintes de realidades específicas do povo brasileiro? Como a natureza da ciência e as relações CTS/CTSA problematizam os processos científicos

considerando questões de ordem social, econômica e política que se capilarizam no dia a dia do nosso povo? A qual prisma estamos atribuindo a construção de habilidades associadas a “slogans” como o da promoção da “cidadania” e “tomada de decisões”: o prisma do pragmatismo útil — de viés neoliberal — que promove a individualização e a reprodução de promessas discursivas de uma cidadania elitista (Cassiani & Marin, 2020) ou o prisma humanístico, político, transformador e, por vezes, revolucionário na direção de participação democrática e lutas populares por soberania científica e tecnológica em níveis locais, nacional e latinoamericano — tal como propõe o PLACTS.

Os desafios para o desenvolvimento de uma prática pedagógica dialógico-problematizadora, humanista, de respeito aos diferentes saberes e transformadora, no que se refere ao conhecimento científico e as suas formas de disseminação, são muitos e de diferentes naturezas. Podemos citar limitações oriundas da própria história da ciência e de como esse campo se legitimou como forma de conhecimento válido e “verdadeiro”. A própria natureza controversa da ciência e de sua produção e os mecanismos de poder e controle instituídos por grupos e instituições que a dominam, se constituem como possíveis barreiras para alcançar a utopia transformadora proposta por Freire. Podemos ainda citar como aspectos limitantes para implementação das ideias de Freire de forma aprofundada, a perspectiva bancária pela qual as ideias sobre o ensino e a aprendizagem (incluindo a formação de professores dentro das licenciaturas, geralmente divididas entre áreas de referência e pedagógica) foram sendo forjadas e se tornaram hegemônicas ao longo da história da educação. As questões políticas e sociais, em determinados momentos históricos, também trouxeram constrangimentos para que o projeto emancipador freireano fosse plenamente assumido no ensino de ciências.

Tais desafios parecem ainda se agravar no momento atual. Defronte a uma inegável crise da verdade e da informação, dialeticamente estruturada pela ascensão de uma relação promíscua entre o neoliberalismo e uma extrema direita abjeta e, como propõe Barcellos (2020), a monumentalização da ciência moderna hegemônica, colocamos em reflexão a possibilidade de uma aproximação mais clara entre os objetivos da AC, a aprendizagem e a categoria práxis em Freire. Kauano (2019), com base em reflexões marxistas e freireanas da práxis, constata que processos de aprendizagem de conceitos científicos — quando mobilizados com outros conhecimentos — são estruturantes da tomada de consciência, sendo assim, força motriz para ações conscientes sobre uma determinada realidade. Para Freire (2018) a libertação, oriunda do conhecimento, “não é uma coisa que se deposita nos homens. Não é uma palavra oca, mitificante. É práxis, que implica a ação e reflexão dos homens sobre o mundo para transformá-lo” (p. 93).

Com base na premissa da unidade entre ação e reflexão, teoria e prática, posta na formulação da práxis em Freire, retomamos alguns dos objetivos da AC, relacionados à tomada de decisão e cidadania, trazendo uma reflexão sobre o momento atual: vacinas neutralizantes do coronavírus. É possível tomar a decisão acertada de participar da vacinação pois, baseados em evidências científicas e não em fake-news, cada gesto individual colabora com a sociedade. Entretanto, a maior parte dos países

em desenvolvimento enfrentam sérios problemas de acesso e distribuição deste bem científico e tecnológico (além dos entraves gerados por políticas negacionistas em vários países, assim como no Brasil). Logo, a questão da cidadania apresenta-se de forma complexa em contextos com duras especificidades nos quais discute-se, antes de tudo, a necessidade da luta organizada pela garantia de direitos fundamentais à vida coletiva, em especial, de grupos historicamente marginalizados (Teixeira, 2009).

Cassiani & Marin (2020) formulam de forma exitosa esse problema, a partir de uma diversidade de olhares decoloniais no contexto do ensino de biologia, pontuando que até mesmo o conceito de cidadania pode ser excludente, patriarcal e eurocentrado: “Quando imaginamos o “bom cidadão” que dizemos que queremos formar, imaginamos uma travesti, um indígena ou uma mulher negra?”(p. 35). Ao retornarmos para a práxis educativa dialógico-problematizadora em Freire, poderíamos afirmar que no Brasil a questão das vacinas ganha uma série de significados que vão além do “vacinar-se baseado em evidência”; envolve a distribuição igualitária entre as classes sociais, conceituação de vulnerabilidade social (não apenas a ideia universal de grupos de risco), acesso da população indígena, negra, transexual e travesti, em situação de rua, em trabalhos precários e pessoas imigrantes; compreensão de alguns aspectos da geopolítica mundial, das ações políticas negacionistas, do papel das farmacêuticas enquanto grandes empresas capitalistas e da própria vacina enquanto mercadoria.

Tais discussões, não deveriam estar apenas centradas em figuras políticas e/ou de especialistas, mas sim na participação popular democrática em variadas formas e processos decisórios. Ou seja, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade são constituídas por uma série de contradições sociais extremamente contextualizadas que carecem de serem compreendidas pela população (seja pela escola, pela educação não formal ou pela divulgação científica) de forma integral e articulada aos conceitos, processos e atitudes que constituem os conhecimentos científicos.

Assim como Valladares (2021) e Santos (2008a), reforçamos que é preciso que as relações AC e CTSA no ensino de ciências sejam promotoras de processos de participação social a partir da reflexão sobre as diversas contradições que se põem na relação ciência e mundo. Em uma leitura freireana, como colocam Rosa e Strieder (2021), a “educação CTS postula, a partir da superação da neutralidade científico-tecnológica, a constituição de mecanismos de participação em temas sociais de ciência-tecnologia” (p. 5). Portanto, é na busca constante pela compreensão dessa totalidade de saberes e práticas que se ramificam e materializam em ações que se formula a consciência crítica, base para a participação e ação, de fato, transformadora da realidade (Freire, 2018). Com isso questionamos: qual cidadania almeja-se com a AC? De qual pessoa cidadã, alfabetizada cientificamente, estamos falando? Da que olha uma gota de água com olhares curiosos ou a que, além disso, leva, a partir de um senso de coletividade, o balde para encher na porta de um palácio de governo? No presente, falamos de uma AC que gere, sobretudo, indignação.

Ainda sobre a complexidade do atual momento, vivemos em um contexto no qual se fazem ainda mais necessárias as conexões do EC e, em especial, da AC com as ideias de Freire. A pandemia do coronavírus ganha novas magnitudes quando se dá em tempos de crise da verdade, desinformação massiva enquanto estratégia política e ideológica e ascensão do autoritarismo sustentado pelo revisionismo histórico e negação da ciência.

Este cenário faz com que Barcellos (2020) traga para a reflexão os seguintes questionamentos pautados em sua interpretação da educação científica bancária; como seria possível confrontar a ascensão de uma cultura de desinformação quando o conhecimento científico é apresentado de forma duplamente autoritária: uma vez sobre as pessoas tidas como ignorantes, ocas e sobre a própria natureza passível de dominação e controle para fins deterministas e desenvolvimentistas?

Na construção de tais questionamentos, Barcellos (2020) recorre a dialogicidade e ao conceito de invasão cultural em Paulo Freire, mas também conecta-se aos pensamentos de Bruno Latour e Boaventura Souza Santos em uma narrativa crítica à visão de ciência hegemônica, essencialmente positivista e colonial, que parece ainda estar em reprodução desconsiderando debates sobre sua natureza, filosofia e sociologia.

Portanto, notamos a importância de problematizar como tem se dado ou não o uso dos pressupostos de Freire para a promoção de um processo alfabetizador não bancário mediado pelas relações CTS/CTSA no ensino e divulgação das ciências, que seja comprometido com o devir, direcionador de articulação e mobilidade social que supera fatalismos e antigas táticas neoliberais de dominação e desumanização. Isso é necessário para que se supere visões mitificadas e cientificistas que pautam-se na absolutização da ignorância (Freire, 2018) e que podem não ter força o suficiente, devido a uma natureza antidialógica, para disputar narrativas advindas de um novo universo obscurantista que vem se estabelecendo.

## Considerações finais

A partir do olhar histórico sobre a inserção da pedagogia de Paulo Freire no EC, especialmente na sua articulação com a AC e a educação CTS/CTSA, identificamos a existência de duas tendências principais de pesquisas e práticas que foram desenvolvidas ao longo dos anos e continuam sendo forjadas nas práticas pedagógicas formais e de divulgação da ciência:

*Tendência epistemológica:* busca nos aportes teóricos e filosóficos freirianos fundamentos para discussões sobre visões de ciência e de problematização da natureza da ciência. Esta tendência pode ser dividida em duas:

Foco na natureza da ciência: problematiza dentro dos processos educacionais as dimensões históricas, sociais, políticas, econômicas e culturais da ciência e de sua produção. Alguns exemplos seriam os trabalhos como os de Auler & Delizoicov (2001), Santos (2008), Rosa & Auler (2016), Marandino et al. (2020).

Foco no pensamento decolonial: de origem mais recente, se apoia em correntes de elaboração de pensamentos decoloniais, interseccionais e sociopolíticos (classe, raça, gênero e sexualidades, ambiente) atravessados por questões da ciência e englobam a necessidade de se questionar e de reformular o trabalho educativo em ciências. Exemplos nessa linha são as produções de Oliveira & Linsingen (2019) e Cassiani & Marin (2020), Barcellos (2020), entre outros.

*Tendência metodológica:* desenvolve a metodologia contextualizadora, problematizadora e dialógica freireana, partindo da investigação temática e do uso de temas geradores como norte principal para o desenvolvimento de estratégias de ensino-aprendizagem de ciências, bem como discussões sobre currículos de ciências naturais. Nela, a construção de estratégias de ensino-aprendizagem contextualizadas, interdisciplinares e voltadas à descodificação e ação sobre a realidade são o elemento central. Exemplos são os trabalhos de Delizoicov et al. (2002), Auler & Dalmolin (2009), Solino & Gehlen (2016), Paniz et al. (2018) e Watanabe (2019), dentre vários outros.

Enfatizamos que essas duas tendências não são excludentes, mas nos ajudam a compreender os percursos do pensamento freireano na educação em ciências para que possamos traçar pontos de conexão com a AC. Seria contraditório em uma análise pautada em Freire, assumir que nos diferentes autores a tendência metodológica não assume sua epistemologia. Além disso, temos plena consciência de que desenvolver o processo de AC na perspectiva freireana impõe uma série de desafios dos quais não estamos isentos.

Promover o retorno a Freire na educação em ciência, pensada a partir da alfabetização científica e das relações CTS/CTSA não significa apenas entender seus pressupostos para a alfabetização vinculados a categorias como dialogicidade e práxis. É também uma forma de nos posicionar e de questionar a atual estrutura das políticas educacionais e das instituições de educação e de divulgação científica, colocando em pauta a necessidade de revelar as tensões, os jogos de poder, as formas de controle e os interesses de grupos fundamentalistas, censores e privados que se colocam contra a educação brasileira laica e pública.

Postos em mente os desafios apresentados, consideramos que a educação formal, mas também a educação não formal e a divulgação da ciência pode fundamentar e efetivamente promover ações de resistência. Contudo, isso só poderá ocorrer se for dado espaço para que outras formas de conhecimento, outras vozes, outros saberes, os quais incluem visões alternativas da realidade das que a ciência propõe, sejam colocadas em franca ação dialógica: como podemos discutir isolamento social de forma universal sem escutar e dialogar com pessoas trabalhadoras sem teto vivendo em ocupações, pessoas em diferentes comunidades cada qual com sua especificidade, pessoas em situação de rua? Nos parece que a neutralidade e universalidade científica é apenas aplicável a realidades restritas e distantes do mundo concreto da América Latina e, em especial, do Brasil.

Caminhamos em direção a uma perspectiva de alfabetização científica contextualizada às especificidades brasileiras e latino-americanas, pautados nas importantes contribuições de diversos autores da área postas ao longo deste texto. Assim, não deixamos de reforçar os objetivos da AC como a aprendizagem de conceitos, a reflexão, a análise crítica, a avaliação das possibilidades e dos riscos e a tomada de decisão, mas que também incentive, na figura de pessoas educadoras-educandas, a compreender as distintas contradições de realidades diversas e suas situações-limite, a ouvir, a dialogar e a respeitar a diversidade de opiniões e de conhecimentos. Diálogo entendido como processo humanizador e problematizador da realidade, de interação e compartilhamento de pensamentos diferentes, promotor de uma relação dialética com o conhecimento científico para que se faça a chamada síntese cultural (Freire, 2018). Em especial, defendemos que a educação pautada em AC, trabalhe no sentido de politizar debates sobre CTS/CTSA, de denunciar as desigualdades sociais, de respeitar e discutir éticamente as diferenças e diversidades, de favorecer a participação democrática, a emancipação e a ação transformadora dos grupos e atores sociais em seu contexto social.

Vivemos em tempos violentos, nossos históricos problemas sociais frutos de uma sistemática relação de opressão, com a pandemia, voltam a entrar em erupção junto a um projeto de morte, apagamento cultural e retirada de nossa alegria, tão ímpar e genuinamente brasileira. Diga-se aqui, uma tática opressora de controle e silenciamento. Voltamos às palavras de Freire;

não há como falar em esperança se os braços se cruzam e passivamente se espera. Na verdade, quem espera na pura espera vive um tempo de espera vã. A espera só tem sentido quando, cheios de esperança, lutamos para concretizar o futuro anunciado (Freire, 1981, p. 48).

Trabalhar essas tensões em contextos de educação e divulgação não é tarefa fácil, mas entendemos que não há processo educativo isento de desafios, contradições e esperança. Neste cenário, nos colocar em relação a Freire (2018) e tomar uma posição epistêmica sobre nossas práticas e pesquisas representa, hoje, nos identificarmos aos “esfarrapados” no e com o mundo e buscar um inédito-viável *com* ciência: combativo, participativo, diverso, ético e, portanto, verdadeiramente democrático.

## Agradecimentos

Agradecemos a FAPESP e ao CNPq pelo financiamento de projetos que nos permitiram a composição e escrita deste artigo.

## Referências

Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453–475. <https://doi.org/10.1002/sce.3730690403>

- Albe, V., & Pedretti, E. (2013). Introduction to the special issue on courting controversy: socioscientific issues and school science and technology. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 303–312. <https://doi.org/10.1080/14926156.2013.847219>
- Alsop, S., Bencze, L. (2014). Activism! Toward a More Radical Science and Technology Education. In J. Bencze, & S. Alsop (Eds.), *Activist Science and Technology Education: Cultural Studies of Science Education* (pp. 1–19). Springer, Dordrecht.
- Auler, D., Dalmolin, A. M. T., & Dos Santos, F. V. (2009). Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. *Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia*, 2(1), 67–84. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37915>
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológica para quê?. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 3(1), 122–134. <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030203>
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2015). Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. *Linhas Críticas*, 21(45), 275–296. <https://doi.org/10.26512/lc.v21i45.4525>
- Barcellos, M. (2020). Ciência não autoritária em tempos de pós-verdade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1496–1525. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1496>
- Brulon, B. (2020). Descolonizar o pensamento museológico: reintegrando a matéria para re-pensar os museus. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, 28. <https://doi.org/10.1590/1982-02672020v28e1>
- Bucchi, M., & Trench, B. (2014). Science communication research: themes and challenges. In M. Bucchi, & B. Trench (Eds.), *Routledge Handbook of Public Communication of Science and Technology*. Routledge.
- Bybee, R. (2016). Scientific literacy. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 944–946). Springer.
- Cassiani, S., & Marin, Y. O. (2020). Outras respostas para uma velha pergunta: por que e para que ensinar biologia?. *Revista Perspectivas Educativas*, 10(1), 17–46. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/perspectivasedu/article/view/2288>
- Chalhoub, S. (1996). *Cidade Febril: Cortiços e epidemias na corte imperial*. Companhia das Letras.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, (22), 89–100. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>

- Costa, E. M., & Lorenzetti, L. (2020). A promoção da alfabetização científica nos anos finais do ensino fundamental por meio de uma sequência didática sobre crustáceos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 3(1), 11–47. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v3i1.10006>
- Colciencias (2020). *Estrategia nacional de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación*. <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/612>
- Dal Pian, M. C. (1990). *The characterization of communal knowledge: case studies in knowledge relevant to science and schooling* [Tese de Doutorado]. University of London, Londres, Reino Unido.
- Dagnino, R. (2008). As trajetórias dos estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade e da política científica e tecnológica na Ibero-América. *Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia*, 1(2), 03–36. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37483>
- Deboer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6%3C582::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-L)
- Delicado, A. (2009). Scientific controversies in museums: notes from a semi-peripheral country. *Public Understanding of Science*, 18(6), 759–767.
- Delizoicov, D. (1991). *Conhecimento, tensões e transições* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Repositório Institucional da UFSC. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/75757>
- Delizoicov, D., & Angotti, J. A. (1991). *Metodologia do Ensino de Ciências*. Cortez.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. C. A. (2007). *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. Cortez.
- Demo, P. (1985). *Introdução à metodologia da ciência*. Atlas.
- Demo, P. (2000). *Metodologia do conhecimento científico*. Atlas.
- Dias, G. F. (1991). Os quinze anos da educação ambiental no Brasil. *Em Aberto*, 49(10). <http://emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/1706>
- Dickmann, I. (2015). *Formação de educadores ambientais: contribuições de Paulo Freire* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná). AcervoDigital da UFPR. <http://hdl.handle.net/1884/40272>
- Freire, P. (1981). *Ação cultural para a liberdade*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1989). *A importância do Ato de Ler: em três artigos que se complementam*. Cortez.
- Freire, P. (2013). *Pedagogia da Autonomia*. Paz e Terra.

- Freire, P. (2018). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Freire, P., & Shor, I. (2008). *Medo e ousadia: o cotidiano do professor*. Paz e Terra.
- Habig, B., Gupta, P., Levine, B., & Adams, J. (2020). An Informal Science Education Program's Impact on STEM Major and STEM Career Outcomes. *Science Education*, (50), 1051–1074. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9722-y>
- Hodson, D. (2013). Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. Be prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 313–331. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14926156.2013.845327>
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407–416. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199806\)82:3%3C407::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3%3C407::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-G)
- Kauano, R. V. (2019). *Catar coral-sol: as potencialidades do manejo de espécies invasoras enquanto promotor de processos de aprendizagem situada e práxis* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.81.2019.tde-09122019-174636>
- Klein, S. G., Saul, T. S., Marques, S. G., Paniz, C. M., & Muenchen, C. (2020). Abordagem Temática na Educação Básica: um olhar para as diferentes modalidades nas aulas de ciências da natureza. *Revista Ciências & Ideias*, 11(2), 139–164. <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2020.v11i2.1208>
- Krasichilk, M. (1987). *O professor e o currículo das ciências*. EPU.
- Marandino, M., Pugliese, A., Monaco, L. M., Milan, B., & Scalfi, G. (2020). *Práticas educativas e formação de públicos de museus: relações entre ciência, sociedade e temas controversos*. FEUSP. <http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/559>
- Marandino, M., Norberto Rocha, J., Cerat, T. M., Scalfi, G., De Oliveira, D., & Fernandes, M. L. (2018). Ferramenta teórico-metodológica para o estudo dos processos de alfabetização científica em ações de educação não formal e comunicação pública da ciência: resultados e discussões. *Journal of Science Communication, América Latina*, 1(1). <https://doi.org/10.22323/3.01010203>
- Marandino, M. (1994). *O Ensino de Ciências e a Perspectiva da Didática Crítica* [Dissertação de Mestrado]. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio De Janeiro, Rio de Janeiro.
- Martins, I. (2007). Contributions from critical perspectives on language and literacy to the conceptualisation of scientific literacy. *Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction*, 56. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:40649/FULLTEXT01.pdf>
- Meyer, D., & El-Hani, C. (2019). *Num mundo sem fatos, corremos riscos*. <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2755323>

- Oliveira, M. C. D., & Linsingen, I. V. (2019). Reflexões acerca da educação CTS Latino-Americana a partir das discussões do grupo de pesquisa Dicite da UFSC. In S. Cassiani, & I. Linsingen (Org.), *Resistir, (re)existir e (re)inventar a educação científica e tecnológica*. UFSC/CED/NUP.
- Paniz, C. M., Centa, F. G., Araújo, L. B., & Muenchen, C. (2018). Os “três momentos pedagógicos” como estruturantes de Currículos: o estudo da realidade e os temas geradores na educação em ciências. *Reflexão e Ação*, 26(2), 249–266. <https://doi.org/10.17058/rea.v26i2.8945>
- Pedretti, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education*, 37(1), 1–41. <https://doi.org/10.1080/03057260208560176>
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601–626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Pernambuco, M. M. C. A., & Hamburguer, E. W. (1981). *Ensino de ciências a partir dos problemas da comunidade* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.81.1981.tde-13042022-092029>
- Pernambuco, M. M. C. A., & Menezes, L. C. (1994). *Educação e escola como movimento - do ensino de ciências a transformação da escola pública* [Tese de Doutorado]. Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo.
- Roberts, D. A. (2007). ‘Scientific literacy/science literacy’. In S. K. Abell, N. G. Lederman, & N. J. Mahwah (Eds.), *Handbook of research in science education*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Rosa, S. E., & Auler, D. (2016). Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: Problematizando Silenciamentos em Práticas Educativas CTS. *Alexandria — Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 203-231. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p203>
- Rosa, S. E. da, & Strieder, R. B. (2021). Perspectivas para a Constituição de uma Cultura de Participação em Temas Sociais de Ciência-Tecnologia. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 21(u), e29619, 1–27. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u831857>
- Santos, R. A., & Auler, D. (2019). Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. *Ciência & Educação (Bauru)*, 25(2), 485–503. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190020013>
- Santos, W. L. P. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), 474–492. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782007000300007>

- Santos, W. L. P. (2008a). Educação científica humanística em uma perspectiva freireana resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria — Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 109–131. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426>
- Santos, W. L. P. (2008b). Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93(2), 361–382. <https://doi.org/10.1002/sce.20301>
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2001). Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(1), 95–111. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100007>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3), 333–352. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/445>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(1), 97–114. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100007>
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(esp.), 49–67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>
- Scalfi, G. A., Iszlaji, C., & Marandino, M. (2020). A formação de professores na perspectiva CTSA por meio de atividades nos museus de ciências. *Indagatio Didactica*, 12(4), 73–90. <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21676>
- Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2005). Disciplina escolar biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In M. Marandino, S. E. Selles, M. S. Ferreira, A. C. R. Amorin (Org.), *Ensino de biologia: conhecimentos e valores em disputa*. EDUFF.
- Solino, A. P., & Gehlen, S. T. (2014). Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 141–162. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/100>
- Teixeira, P. M. M. (2009). Problematizando as concepções dos professores de biologia sobre a questão da cidadania. *Práxis Educacional*, 5(6), 107–128. <https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/591>
- Watanabe, G. (2019). *Educação Científica freireana na escola*. Livraria da Física.

Valla, D. F., & Ferreira, M. S. (2012). Currículo de Ciências: investigando ações e retóricas do CECIGUA nos anos de 1960/70. In R. M. Borges, A. L. Imhoff, & G. B. Barcellos (Org.), *Educação e Cultura Científica e Tecnológica: Centros e Museus de Ciências no Brasil*. EDPUCRS.

Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

Vilches, A., Pérez, D., & Praia, J. (2011). De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In W. L. P. Santos, & D. Auler (Orgs.), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas*. Editora Universidade de Brasília.

 **Rafael Vitame Kauano**

Universidade de São Paulo  
São Paulo, São Paulo, Brasil  
rafa.kawanobio@gmail.com

 **Martha Marandino**

Universidade de São Paulo  
São Paulo, São Paulo, Brasil  
marmaran@usp.br

**Editora Responsável**

Stefannie Ibraim

---

#### **Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse**

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.

---