

Uma Luz sobre Outras Dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica na Formação Inicial de Professores de Ciências

Shedding Light on Other Dimensions of Scientific and Technological Literacy in the Initial Training of Science Teachers

Arrojar Luz sobre Otras Dimensiones de la Alfabetización Científica y Tecnológica en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias

Diogynys Cesar Felix de Lima,  e Josivânia Marisa Dantas 

Resumo

O presente ensaio teórico em tela trata da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) sob uma perspectiva ampliada e crítica voltada ao atual contexto histórico. Para tanto, objetiva-se propor uma ampliação teórica da ACT, incorporando aspectos tecnológicos e sociopolíticos direcionados à formação inicial de professores de Ciências. A discussão se fundamenta em livros e produções científicas publicadas em periódicos nacionais e internacionais, articulando e dialogando com referenciais consolidados da Educação em Ciências. As reflexões realizadas conduziram a uma proposição teórica que propõe uma releitura para dimensões da ACT, contemplando desde aspectos tecnológicos mais simples até discussões complexas sobre a Natureza da Tecnologia, bem como a necessidade de alinhamento com a Visão III da ACT, que enfatiza não apenas a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos, mas também a formação de sujeitos capazes de intervir socialmente diante das desigualdades e das controvérsias do mundo contemporâneo. Entre os resultados, apresentamos seis dimensões de ACT que integram os aspectos mencionados. Como desdobramento teórico adicional, propomos o circuito em espiral da ACT, que pode orientar professores de Ciências no planejamento de aulas, sequências didáticas, programas disciplinares ou outros contextos pedagógicos com vistas à transformação social.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica Crítica, Educação em Ciências, Formação Docente, transformação social

Abstract

This theoretical essay addresses Scientific and Technological Literacy (STL) from an expanded and critical perspective oriented to the current historical context. Its main objective is to propose a theoretical broadening of STL by incorporating technological and sociopolitical aspects directed toward the initial education of science teachers. The discussion is grounded in books and scientific publications from national and international journals, and it articulates and dialogues with well-established references in Science Education. The reflections developed throughout the essay led to a theoretical proposition that offers a reinterpretation of STL's dimensions, encompassing both simpler technological aspects and complex discussions on the Nature of Technology, as well as the need to align with the STL's Vision III. This vision emphasizes not only the understanding scientific and technological concepts but also the formation of individuals capable of socially intervening in the face of the inequalities and controversies of the contemporary world. Among the results, we present six dimensions of STL that integrate the aforementioned aspects. As an additional theoretical outcome, we propose the spiral circuit of STL, which can guide science teachers in planning lessons, teaching sequences, curricular programs, or other pedagogical contexts aimed at social transformation.

Keywords: Critical Scientific and Technological Literacy, Science Education, Teacher Education, social transformation

Resumen

El presente ensayo teórico aborda la Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) desde una perspectiva ampliada y crítica orientada al contexto histórico actual. Su objetivo principal es proponer una ampliación teórica de la ACT incorporando aspectos tecnológicos y sociopolíticos dirigidos a la formación inicial de profesores de Ciencias. La discusión se fundamenta en libros y producciones científicas publicadas en revistas nacionales e internacionales, articulando y dialogando con referentes consolidados en el campo de la Educación en Ciencias. Las reflexiones desarrolladas a lo largo del ensayo condujeron a una propuesta teórica que ofrece una reinterpretación de las dimensiones de la ACT, abarcando desde aspectos tecnológicos más simples hasta discusiones complejas sobre la Naturaleza de la Tecnología, así como la necesidad de alineamiento con la Visión III de la ACT. Esta visión enfatiza no solo la comprensión de conceptos científicos y tecnológicos, sino también la formación de sujetos capaces de intervenir socialmente frente a las desigualdades y controversias del mundo contemporáneo. Entre los resultados, presentamos seis dimensiones de la ACT que integran los aspectos mencionados. Como resultado teórico adicional, proponemos el circuito en espiral de la ACT, que puede orientar a los profesores de Ciencias en la planificación de clases, secuencias didácticas, programas curriculares u otros contextos pedagógicos con miras a la transformación social.

Palabras clave: Alfabetización Científica y Tecnológica Crítica, Educación en Ciencias, Formación Docente, transformación social

Introdução

Nas últimas duas décadas, a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) vem sendo apontada como eixo emergente na Educação em Ciências no Brasil (Lorenzetti, 2023). Apesar disso, não há um consenso sobre seu conceito, pois a terminologia é atravessada por disputas, dependendo dos objetivos e das visões de quem a defende (Valladares, 2021). Para diversos autores, a ACT ultrapassa a capacidade de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos ao cotidiano (Guerrero & Sjöström, 2025; Medeiros, 2024; Nehring & Sjöström, 2025; Osborne, 2023) e implica uma compreensão crítica sobre os modos de produção, circulação e uso desses domínios, articulando-os a outros conhecimentos e valores com vistas à transformação de contextos sociais, políticos e econômicos (Nehring & Sjöström, 2025).

Ainda no âmbito de seus pressupostos, observa-se que muitos estudos voltados à ACT permanecem ancorados apenas na dimensão científica, silenciando ou tratando superficialmente os aspectos tecnológicos, mesmo quando os autores utilizam explicitamente a expressão “Alfabetização Científica e Tecnológica” (Richetti & Niezwida, 2023). Em muitos casos, a Tecnologia ainda é frequentemente reduzida à condição de ciência aplicada, instrumento ou artefato, negligenciando-se sua dimensão como forma de conhecimento, prática social e manifestação cultural (Nunes & Coelho, 2025). Tal limitação revela uma incompletude epistêmica da ACT, que tende a reproduzir visões tecnocráticas e neutras da Tecnologia, distanciando a Educação Científica de um projeto formativo crítico e emancipatório (Richetti & Niezwida, 2023). Pesquisadores têm,

por isso, sinalizado a urgência de incluir a dimensão tecnológica de forma explícita e crítica nas propostas de Ensino de Ciências na Educação Básica (Fernandes et al., 2024; Prsybyciem et al., 2021) e nos currículos de formação inicial de professores de Ciências (Medeiros, 2024; Nunes & Coelho, 2025; Lima, 2025).

Neste horizonte, destaca-se que os aspectos tecnológicos da ACT também não são óbvios, nem consensuais na literatura da área. De modo geral, referem-se a como a Tecnologia é compreendida, produzida, ensinada e discutida nos currículos e propostas de ensino. Em uma perspectiva ampliada, entende-se que tais aspectos vão além do uso instrumental de ferramentas e dispositivos eletrônicos, envolvem saberes técnicos, dimensões éticas e políticas, o fazer tecnológico, as relações com a Ciência e reflexões sobre a própria Natureza da Tecnologia (Lima, 2022).

Apesar da ausência de consenso sobre quais aspectos tecnológicos deveriam compor o Ensino de Ciências, há relativo acordo de que a Tecnologia, enquanto conteúdo curricular, desempenha papel fundamental na promoção de uma compreensão pública mais ampla da Ciência e da própria Tecnologia (Cajas, 2001; Fourez, 2005). Esta importância torna-se ainda mais evidente quando se considera a formação inicial de professores de Ciências, contexto em que a ausência de discussões aprofundadas sobre a Tecnologia acarreta implicações formativas.

Em nossa ótica, quando a formação docente não problematiza os fundamentos, sentidos e usos da Tecnologia em uma perspectiva ampliada, tende a reforçar concepções restritas e simplistas, tais como: i) compreensão de Tecnologia como algo puramente técnico e operacional; ii) crença de que ela se reduz à simples aplicação da Ciência; iii) reforça a visão determinista e salvacionista, que atribuem à Tecnologia soluções universais para problemas sociais complexos; iv) suposição de que os conhecimentos e produtos tecnológicos são neutros e independentes de valores humanos e contextos sociais, e v) instrumentalização acrítica das tecnologias no Ensino de Ciências, restringindo seu papel ao de meras ferramentas didáticas que auxiliam ao processo de ensino e aprendizagem dos conceitos científicos (Lima et al., 2023a).

Diante disso, defendemos que a ampliação teórica e curricular da ACT necessita da inclusão de discussões sobre aspectos tecnológicos nos componentes curriculares das práticas de ensino das Licenciaturas em Ciências. Este movimento pode possibilitar uma perspectiva formativa, onde os licenciandos em Ciências não apenas compreendam criticamente as tecnologias que mediam suas práticas pedagógicas, mas também possam problematizá-las em sala de aula como uma temática interdisciplinar (Silva, 2003), contribuindo para uma educação básica mais crítica e emancipatória.

Em paralelo aos aspectos tecnológicos, é importante considerar também uma compreensão mais atual da ACT, especialmente a partir da Visão III, que destaca a necessidade de uma formação voltada para a transformação social (Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021). Nessa perspectiva, a ACT não se limita à aprendizagem de conceitos científicos e tecnológicos, mas busca promover o desenvolvimento de valores, atitudes e práticas sociais comprometidas com a justiça social e a democracia. Assim,

a Visão III propõe uma ACT crítica e engajada, que articula o conhecimento científico e tecnológico à formação ética, política e cidadã, o que possibilita outro horizonte no Ensino de Ciências, diante dos desafios e das controvérsias do mundo contemporâneo.

Com base nesse entendimento, este ensaio teórico parte das seguintes premissas: *i) a ACT, como posta em seus pressupostos iniciais, apresenta uma incompletude epistêmica quando se volta para os aspectos tecnológicos, por isso, a necessidade de sua inclusão; ii) a ACT precisa incorporar uma dimensão sociopolítica, de modo a alinhar-se a uma perspectiva crítica e transformadora diante dos desafios do contexto contemporâneo, e iii) a ACT envolve um conjunto de dimensões interdependentes, que se articulam de forma dinâmica e contribuem para o desenvolvimento de uma leitura de mundo mais ampla, crítica e transformadora.*

À luz dessas premissas, insere-se o avanço teórico deste ensaio. Diferentemente de proposições anteriores, que organizam a ACT por meio de eixos estruturantes, níveis, dimensões e/ou parâmetros predominantemente direcionados à Educação Básica, defendemos, neste ensaio, que a ACT promovida nos cursos de formação inicial de professores de Ciências pode ser compreendida como um processo formativo dinâmico e estruturado a partir de seis dimensões interdependentes. Nesta direção, a proposta apresentada avança em relação às proposições existentes ao romper com a centralidade na dimensão científica, ao conferir estatuto epistemológico próprio à Tecnologia e explicitar uma dimensão sociopolítica, alinhada a perspectivas críticas da ACT, que compreendem a alfabetização como prática orientada à leitura crítica da realidade e à transformação social.

Nesse sentido, este ensaio objetiva propor uma ampliação teórica da ACT, incorporando aspectos tecnológicos e sociopolíticos direcionados à formação inicial de professores de Ciências, no intuito de ampliar as discussões já realizadas sobre ACT e contribuir para a produção de conhecimentos na área de Ensino de Ciências. A discussão realizada teve como base livros e produções científicas publicadas nos últimos anos, nas quais encontramos fundamentos teóricos para embasar nossa proposição. Ao que se refere aos aspectos estruturais, a seção a seguir busca apresentar, de maneira sucinta, aspectos históricos, seus fundamentos e as visões de ACT. Em seguida, apresentamos a nossa proposição de dimensões da ACT. Posteriormente, são tecidas algumas considerações finais.

Fundamentos e Visões da Alfabetização Científica e Tecnológica

A partir deste ponto, assumimos a sigla ACT, mesmo quando os estudos considerados tratarem exclusivamente da Alfabetização Científica (AC). Esta escolha se justifica pelo entendimento de que o presente ensaio dialoga com os referências já consolidados da AC, ampliando-a para incluir também dimensões tecnológicas. Ainda é importa destacar que não se pretende aqui promover apenas uma Alfabetização Científica ou Alfabetização Tecnológica de forma isolada, mas, sim, uma ACT, em razão do contexto de mutualidade que as caracteriza. Esta ampliação apoia-se no

reconhecimento da interdependência entre Ciência e Tecnologia na vida contemporânea, compreendendo-as como práticas sociais indissociáveis na produção de conhecimentos e na transformação do mundo (Cajas, 2001; Fourez, 2005; Medeiros, 2024).

Quanto ao contexto histórico, é importante destacar que diversas pesquisas apontam que o termo *scientific literacy* foi popularizado por Paul DeHart Hurd, em 1958. Contudo, em estudo recente, Rudolph (2023) apresenta uma análise abrangente sobre a evolução histórica do conceito e argumenta que o termo já era utilizado em publicações e pesquisas das décadas de 1940 e 1950 nos Estados Unidos, voltado a uma perspectiva instrumental. Já no Brasil, o debate sobre a ACT se inicia a partir da década de 1990, quando pesquisas do Ensino de Ciências passam a adotar esta perspectiva como um objetivo educacional direcionado à formação cidadã (Santos, 2008).

Observa-se, assim, que, ao longo do tempo, a ACT foi sendo progressivamente ampliada e ressignificada em virtude das mudanças sociais, políticas e educacionais (Queiruga-Dios et al., 2020), deixando de se restringir à mera aquisição de conceitos científicos, ou ao desenvolvimento de habilidades técnicas isoladas, e passou a ser compreendida como um processo formativo complexo, que articula dimensões científicas, tecnológicas, éticas, sociais, culturais e políticas.

Nesse percurso, diversos pesquisadores brasileiros, como Firme (2020), Lima e Dantas (2021), Milaré e Richetti (2021), Rosa e Amaral (2021), Lorenzetti (2021), Fernandes (2025), têm ressaltado a importância de não dissociar o conhecimento sobre Tecnologia dos processos de ensino e aprendizagem em Ciências. Por isso, defendem a incorporação explícita do aspecto tecnológico na terminologia e nas práticas pedagógicas, reconhecendo a imbricação contemporânea entre Ciência e Tecnologia.

Outra ressignificação relevante refere-se ao próprio termo alfabetização. Compreendemos que, no campo do Ensino de Ciências, esta noção tem sido ampliada ao longo do tempo, especialmente à luz dos pressupostos freireanos. Nesse sentido, este ensaio ancora-se na concepção de alfabetização emancipatória proposta por Paulo Freire (1967). Logo, compreendemos que

[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto (Freire, 1967, p. 111).

Em outras palavras, a alfabetização, na perspectiva freireana, representa um processo de empoderamento e conscientização, em que o ato de aprender a ler e escrever está intrinsecamente ligado à compreensão crítica da realidade social, econômica e política em que as pessoas vivem. Desse modo, não deve ser um ato mecânico de decodificação de letras e palavras, mas, sim, uma oportunidade para as pessoas refletirem sobre sua própria condição e se tornarem agentes de mudança no mundo em que o cerca (Freire, 1980). Em nosso entendimento, esta alfabetização vai além das habilidades básicas de leitura e escrita, pois busca, sobretudo, capacitar as pessoas a se tornarem cidadãos críticos que almejem uma transformação social frente a uma realidade social injusta do mundo globalizado.

A articulação ACT-Freire nos possibilitou repensar a perspectiva de qual ACT almejamos. Obviamente assume-se a perspectiva de uma ACT que não contribua para manutenção do *status quo*. E foi por meio dos pressupostos de Freire (1980) que entendemos que a ACT deve ser um processo de conscientização, com base no diálogo de maneira crítica, através do qual os educandos não apenas aprendem sobre Ciência e Tecnologia, mas desenvolvem a capacidade de questionar e refletir as estruturas de poder e as desigualdades sociais que as áreas podem perpetuar.

Ressaltamos que este processo de conscientização parte do pressuposto e entendimento de que a ACT é contínua, ocorre ao longo da vida, é abrangente e extrapola a sala de aula e o período escolar (Lorenzetti, 2021). Sua consolidação pode ser fortemente ocorrida por meio do ensino de Ciências. Entendemos ainda que a ACT ultrapassa a mera repetição de códigos científicos e tecnológicos. Aqui compreendemos que a ACT se constitui como encontro de culturas, a cultura científica e a cultura tecnológica.

Com base em leituras para fundamentar este tópico (Albuquerque et al., 2025; Chassot, 2003; Guerrero & Sjöström, 2025; Kauano & Marandino, 2021; Leite, 2015; Nehring & Sjöström, 2025; Osborne, 2023; Santos, 2009; Sasseron, 2024; Silva & Sasseron, 2021; Valladares, 2021; Yacoubian, 2018.), entendemos, por meio de uma ressignificação mais atual, que a ACT é uma perspectiva formativa que busca capacitar homens e mulheres para ler e interpretar o mundo ao seu redor por meio de conhecimentos científicos, em que estes possam tomar decisões conscientes e informadas, visando a melhoria da qualidade de vida socioambiental, inclusão social consciente, crítica e emancipatória.

Conforme discutido anteriormente, o entendimento sobre ACT mudou ao longo da história. Segundo Valladares (2021), tendo por base os resultados dos estudos de Roberts (2007, 2011), este conceito passou de uma visão de um ensino científico focado na memorização de conceitos e leis científicas (Visão I), para um ensino científico direcionado ao estudo dos seus riscos e impactos na sociedade (Visão II). E, mais recentemente, vários autores (Sjöström & Eilks, 2018; Valladares, 2021; Osborne, 2023; Guerrero & Sjöström, 2025; Sjöström, 2024; Nehring & Sjöström, 2025) vêm defendendo uma ACT comprometida com a participação e engajamento para transformação social, ao qual denominam de Visão III.

Na literatura internacional, Roberts (2007, 2011) sistematizou as duas primeiras visões da ACT: a Visão I, que enfatiza a aprendizagem do conteúdo e dos métodos científicos para uma aplicação futura, e a Visão II, que destaca a importância do conhecimento científico para a vida cotidiana e a sociedade. Para Sjöström e Eilks (2018), citando Aikenhead (2006), a tensão entre as abordagens reflete o debate entre a formação de futuros cientistas e a promoção de uma ciência acessível a todos.

Diante das limitações dessas perspectivas, surge a Visão III, que expande a Visão II ao enfatizar a participação ativa da sociedade na Ciência e a aplicação prática do conhecimento. Nessa mesma linha, Hodson (2011) introduz a Alfabetização Científica Crítica, acrescentando o engajamento sociopolítico como um aspecto fundamental da Educação Científica.

O engajamento sociopolítico na Educação em Ciências tem se destacado como um novo horizonte, tanto na literatura nacional, quanto internacional (Tolbert & Bazzul, 2017; Hodson, 2020; Bonfim et al., 2024; Moura, 2024, 2025). No entanto, esta discussão, apesar de ganhar um novo enfoque e ser recente em alguns contextos, já era sinalizada há mais de uma década por pesquisadores brasileiros como Chassot (2011) e Santos (2009). Ambos enfatizavam a necessidade de incorporar a Alfabetização Científica aos princípios da pedagogia crítica e progressistas, não apenas agregando perspectivas sociopolíticas, mas também direcionando-a para a transformação social de modo a superar condições opressivas.

Recentemente, outros pesquisadores brasileiros (Fernandes et al., 2024; Fernandes et al., 2025; Fernandes, 2025; Medeiros, 2024) desenvolveram estudos que buscam aprofundar e discutir a perspectiva da ACT tipo III. Pelo fato de estarmos diante de um atual cenário de crise civilizatória, torna-se urgente e necessário repensar os propósitos da ACT para uma abordagem crítica e ampliada. Logo, é fundamental reforçar que, conforme Silva e Sasseron (2021, p. 6), “entendemos que a visão III de AC congrega e transcende conhecimentos que já eram defendidos nas visões I e II”. Por isso, argumentam que as relações entre diferentes visões de ACT são complementares, e não excludentes. Este mesmo princípio justifica a nossa adoção do termo Alfabetização Científica e Tecnológica Em detrimento à Alfabetização Científica, enfatizando a indissociabilidade entre Ciência e Tecnologia na contemporaneidade.

Diante desse percurso histórico e conceitual, torna-se evidente que a ACT, especialmente em sua Visão III, exige não apenas fundamentação teórica, mas também referenciais que orientem sua materialização nos processos formativos. Embora a literatura avance ao compreendê-la como um projeto crítico e emancipatório, ainda são incipientes as proposições que sistematizam dimensões formativas voltadas, de modo específico, à formação inicial de professores de Ciências. Nesse sentido, o tópico seguinte apresenta uma proposição de dimensões da ACT direcionada à formação docente, buscando subsidiar processos formativos que levem em consideração a indissociabilidade entre Ciência e Tecnologia e a transformação social.

Proposição de Dimensões de ACT Direcionada a Formação Inicial de Professores de Ciências

Aqui, apresentamos nosso posicionamento teórico expresso em dimensões, tendo por base o que se espera para a ACT nos cursos de formação de professores (Licenciatura em Ciências Biológicas, Química, Física e Pedagogia), uma vez que este é o locus principal em que podem ocorrer discussões e mobilizações das compreensões de futuros professores até o início da atividade docente dos licenciandos na Educação Básica. Trata-se, portanto, de uma etapa crucial na construção das bases conceituais, epistemológicas e pedagógicas que fundamentarão suas futuras práticas de ensino.

Nessa direção, optamos em problematizar o termo dimensão para pontuar nosso posicionamento. Assim, em uma consulta ao dicionário Oxford Languages (2025, p. 1), observamos que o termo dimensão se refere à “1. extensão mensurável (em todos os sentidos) que determina a porção de espaço ocupada por um corpo; tamanho, proporção. 2. cada um dos sentidos em que se usa medir a extensão, a fim de estimá-la”. Nesse sentido, entendemos que dimensão é um aspecto ou uma faceta de algo e “pode tratar-se de uma característica, de uma circunstância ou de uma fase de algo ou de algum assunto” (Dicio, 2025, p. 1). Na área da Matemática e da Física, o termo dimensão se relaciona às coordenadas mínimas necessárias para descrever um espaço matemático, ou um objeto de maneira informal, a fim de identificar qualquer ponto contido nele (Dicio, 2025). Dessa maneira, é importante destacar que o conceito de dimensões não se limita unicamente a objetos físicos, mas abrange também a matemática e as ciências voltadas para elementos abstratos (Dicio, 2025).

Frente às definições apresentadas, podemos dizer que o termo dimensão é uma maneira de olhar para a complexidade (todo) de um fenômeno, ou algo sob o olhar de diferentes ângulos (partes), permitindo-nos apreender sua complexidade e detalhes a partir de múltiplas facetas. E, para chegar às dimensões propostas de uma ACT direcionada à formação inicial de professores de Ciências, realizamos um amplo estado da arte em bases de dados e periódicos especializados nacionais e internacionais em uma pesquisa de doutoramento (Lima, 2025). Durante esse processo, identificamos que os aspectos tecnológicos na ACT ainda estão sub representados ou silenciados na literatura existente. Esta lacuna epistêmica revelou uma oportunidade de explorar, de maneira mais aprofundada, estes aspectos.

Nessa direção, esta lacuna epistêmica revelou uma oportunidade para a construção de uma proposição em que fosse possível considerar os aspectos tecnológicos. Em paralelo, viu-se também a necessidade de alinhar a ressignificação mais atualizada da ACT para nosso momento contemporâneo, que é a Visão III (Nehring & Sjöström, 2025; Valladares, 2021). Nesse sentido, as dimensões propostas visam “preencher” a incompletude de aspectos tecnológicos na ACT, ao passo que buscamos promover uma compreensão mais ampliada e crítica da interação entre Ciência e Tecnologia para a atualidade por meio da perspectiva sociopolítica possibilitada pela Visão III de ACT. Adiante, apresentaremos os aspectos considerados em cada dimensão desta proposição.

Aspectos Científicos nas Dimensões de ACT

Considerando a discussão atual sobre a importância de uma formação em ACT que vá além da simples compreensão de conceitos e definições científicas unidirecionais, adotamos a abordagem multidimensional para o desenvolvimento de uma ACT ampliada e crítica (Valladares, 2021; Osborne, 2023; Guerrero & Sjöström, 2025; Nehring & Sjöström, 2025), partindo ainda do pressuposto de que a ACT tem várias facetas ou “dimensões” que interagem em si. Isso implica proferir que ser alfabetizado científica e tecnologicamente envolve várias habilidades e conhecimentos que se complementam e trabalham juntos para conceber uma compreensão mais ampla da Ciência e Tecnologia.

Partimos da defesa de reconhecer a necessidade de propor dimensões que contemplem especificamente os aspectos tecnológicos na ACT, objetivando contribuir com uma compreensão mais completa e atualizada das interações entre Ciência e Tecnologia. Contudo, antes de apresentarmos nossa proposição de dimensões que incluam os aspectos tecnológicos ACT, daremos destaque aos aspectos científicos que adotamos em nossa proposição.

Como havíamos nos referido anteriormente, existe uma polissemia de termos sobre AC/ACT, e diversos autores buscaram propor novas releituras delineadas em visões, parâmetros e/ou dimensões sobre esta temática ao longo das décadas (Shen, 1975; Miller, 1983; Bybee, 1995; Deboer, 2000; Sasseron, 2008; Bocheco, 2011; Leite, 2015). Estas definições envolvem grupos de interesses, concepções sobre a temática, níveis, objetivos, benefícios e processos de avaliação de Alfabetização Científica (Carvalho, 2009).

Assim, é importante mencionar que a nossa proposição para dimensões de ACT mais abrangente incorpora aspectos científicos dos eixos estruturantes propostos por Sasseron (2008). A partir de uma ampla revisão da literatura e da análise do planejamento das aulas de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental, Sasseron (2008) definiu três eixos estruturantes da Alfabetização Científica, a saber: i) compreensão básica de termos, conceitos e conhecimentos científicos fundamentais; ii) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, e iii) entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Assumindo estes pressupostos, ressaltamos que, em nossa releitura, as dimensões de ACT como perspectiva formativa direcionada à formação inicial de professores de Ciências serão entendidas como i) *compreensão básica de conceitos e conhecimentos científicos*; ii) *compreensão da Natureza da Ciência*, e iii) *entendimento das interações CTSA*.

Os eixos estruturantes da Alfabetização Científica podem ser considerados marcos para o planejamento curricular e didático no Brasil, no entanto,

foram propostos há mais de uma década e, ainda que eles se alinhem a concepção de multidimensionalidade e as principais ideias sobre o desenvolvimento da alfabetização científica, no momento histórico em que foram elaborados, predominavam na área da educação em ciências, a visão II da AC (Silva & Sasseron, 2021, p. 11).

A Visão II, referida por Silva e Sasseron (2021), é a Visão II dos estudos de Roberts (2011) e Valladares (2021), que se direcionam ao desenvolvimento de atitudes e de habilidades para a resolução de problemas, fundamentadas em teorias de aprendizagem socioculturais. Em um estudo recente, Sasseron (2024, p. 105) reconhece “que saber conceitos, procedimentos e saber utilizá-los para a resolução de problemas não é suficiente para a construção de conhecimento sobre a atividade científica, seu caráter analítico e crítico e sua característica de prática social”.

Por outro lado, assim como Sasseron (2024), entendemos que compreender estes elementos e, mais detalhadamente, como o conhecimento nas ciências é construído, avaliado e legitimado pode ser uma forma de investigar questões éticas e visões sobre a transformação da sociedade e do indivíduo através da relação com o conhecimento. Estas ideias dialogam com a Visão III (Valladares, 2021).

Estes aspectos culminam na defesa de uma ACT ampliada voltada para o nosso tempo, sobretudo, em uma ACT que incorpore a visão III, proposta e defendida por Valladares (2021) na medida em que essa visão está mais alinhada com os desafios do século XXI. Na seção seguinte, apresentamos a proposição de aspectos tecnológicos para a ACT, destacando a importância de integrar a Tecnologia como um dos componentes dessa Alfabetização.

Aspectos Tecnológicos nas Dimensões de ACT

Na tentativa de contribuir com ressignificações teóricas advindos de nossas sínteses, foi necessário realizar um mergulho em estudos da Filosofia da Tecnologia de Mitcham (1994) e Cupani (2016). E tomando como base esses referenciais, nesta pesquisa, assumimos que os aspectos tecnológicos da ACT contêm as seguintes dimensões: *i) compreensão básica da linguagem dos códigos e artefatos tecnológicos; ii) compreensão da Natureza da Tecnologia, e iii) entendimento das relações entre CTSA.*

Ao que se refere à dimensão *i) Compreensão básica da linguagem dos códigos e artefatos tecnológicos*, entendemos que esta parte do fato de haver uma urgente necessidade de os cidadãos serem alfabetizados científica e tecnologicamente para saber lidar com as rápidas mudanças que ocorrem no mundo científico-tecnológico, sobretudo após os grandes avanços de tecnologias digitais. Assim, compreendemos que esta dimensão se aproxima de duas das manifestações de Tecnologia propostas por Mitham (1994), a Tecnologia enquanto artefato e Tecnologia enquanto atividade humana. O filósofo supracitado descreve que a Tecnologia, nestas manifestações, une o conhecimento e a tomada de decisão para colocar em existência artefatos ou saber utilizá-los.

Saber-fazer e as habilidades de usos das tecnologias são essenciais nesse entendimento, mas isso não quer dizer que se busca que os cidadãos sejam especializados técnicos para produzir e/ou desenhar uma Tecnologia por meio das aulas de Ciências, mas que estes possam obter, ao longo da vida escolar, conhecimentos básicos sobre a linguagem dos códigos tecnológicos (tecnocientíficos), contidos em seu cotidiano. No mundo emaranhado por tecnologias, é essencial saber utilizar um computador, identificar se uma Tecnologia doméstica está funcionando e tomar a decisão de procurar um técnico especializado que contenha conhecimentos tecnológicos avançados para o conserto de uma manifestação de um objeto/artefato tecnológico, e aqui entendemos aqueles que restauram desde uma TV a um disjuntor de energia.

Esta dimensão engloba ainda a linguagem de uma cultura tecnológica e inerente em nossas vidas. Por exemplo,

(1) uma bola de futebol, criada numa sociedade que pratica este esporte, não teria o mesmo significado ou utilidade em uma cultura que desconheça o esporte; (2) linhas de código de computador fazem sentido numa sociedade que utiliza computadores e sentido algum para uma sociedade sem computadores; (3) o sistema único de saúde (SUS), como tecnologia de prestação de serviços e organização do sistema de saúde brasileiro não tem sentido algum para uma cultura que não tenha um serviço público de saúde (Dias Junior, 2020, p. 32).

Para além desses exemplos, não se pode esquecer dos símbolos em artefatos tecnológicos, como os de acessibilidade, os contidos nas placas de trânsito, os símbolos de alimentos transgênicos, dentre outros. A compreensão básica seria o entendimento da linguagem própria da Tecnologia, seja física, seja digital. Voltado à última, consideramos essencial ter habilidades para utilizar um *smartphone*, apreender a linguagem dos *memes*, *QRcode* e uso de aplicativos que auxiliam na saúde humana, como controle de doenças crônicas, incentivo à atividade física, contagem de calorias ingeridas, checagem de benefícios e malefícios de produtos industrializados que unem conhecimentos científicos e a linguagem de códigos tecnológicos específicos.

Em nosso entendimento, esta dimensão ainda pode auxiliar na leitura dos códigos tecnológicos no uso das redes sociais para obter informações sobre questões científicas e tecnológicas por meio de fontes confiáveis, uma vez que, recentemente, como nunca na história, se teve uma grande disseminação de *fake news* e teorias conspiratórias que criam obstáculos à aprendizagem escolar (Araujo & Eichler, 2023). Estas, por sua vez,

tendem a crescer diante do avanço tecnológico, uma vez que sua distribuição é facilitada e seu alcance é maior, o que é agravado diante imediatismo gerado pela sociedade da ignorância. Na educação básica o desafio é ainda maior, uma vez que lidar diretamente com jovens e adolescentes que hoje se informam e compartilham informações integralmente pelas redes sociais torna o entendimento do processo educacional ainda mais distante da realidade desse grupo (Araujo & Eichler, 2023, p. 193).

Nesse sentido, acreditamos que a compreensão básica da linguagem dos códigos tecnológicos voltados também ao uso das redes sociais pode auxiliar implicitamente e explicitamente o uso consciente e crítico, auxiliando na tomada de decisão dos estudantes. Supomos que esta dimensão, quando trabalhada nas escolas, pode auxiliar não somente na identificação da desinformação e teorias conspiratórias, mas também para os estudantes a se defenderem e identificarem problemas existentes na atualidade, como pornografia infantil, *cyberbullying*, discursos de ódio direcionados a grupos minoritários (mulheres, negros e negras, indígenas, pessoas de classes menos favorecidas economicamente, pessoas com deficiência, pessoas LGBTQIA+), uso de *DeepFake*¹, dentre outros.

1 De acordo com o Guia Ilustrado contra as *Deepfakes* do Supremo Tribunal Federal do Brasil (2024, p. 6) as “as deepfakes são consideradas uma versão sofisticada de fake news. são, portanto, ferramentas de engano mais modernas e mais perigosas, capazes de imitar pessoas e simular acontecimentos reais, criando falsidades difíceis de serem detectadas”.

A segunda dimensão *ii) Compreensão da Natureza da Tecnologia* engloba fundamentos conceituais da Tecnologia e se aproxima das manifestações de Tecnologia de Mitcham (1994), em especial daquela que a considera como conhecimento e da concepção de Tecnologia ampliada (Lima, 2022). Discutir a Natureza da Tecnologia é reconhecer que esta temática é um metaconhecimento que surge a partir de reflexões interdisciplinares de especialistas em áreas diversas, como Filosofia, Sociologia e História da Tecnologia, que buscam descrever o que é Tecnologia, como e o por que elas são desenvolvidas e qual a sua relação entre ciência, sociedade e o ambiente natural (García-Carmona & Acevedo, 2016; De Vries, 2018; Szczepanik, 2020).

Outros aspectos estão relacionados à Natureza da Tecnologia. Conforme García-Carmona e Acevedo (2016), este tema se refere geralmente a entender quais são as manifestações tecnológicas, seus fundamentos epistemológicos e ontológicos, bem como refletir sobre as características dos trabalhos das comunidades dos tecnólogos e das comunidades de engenheiros e as múltiplas influências entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. De acordo com Blom e Abrie (2021), as discussões sobre a Natureza da Tecnologia podem ajudar os estudantes a se tornarem alfabetizados e informados tecnologicamente.

Waight e Abd-El-Khalick (2012), em um ensaio teórico sobre a Natureza da Tecnologia, esclarecem que, em uma escala macro, a Filosofia da Tecnologia auxilia a compreensão de como as tecnologias interagem e são impactadas por indivíduos, sociedades, instituições, economia, política e cultura, ou seja, elas não são neutras e possuem intencionalidades. Ainda segundo os autores, em um nível macro e mais relevante para a Educação Científica, a filosofia da Tecnologia envolve a Natureza da Tecnologia “inerente ao longo de uma série de dimensões centrais: papel da cultura e valores, noções de progressão tecnológica, tecnologia como parte de sistemas, difusão tecnológica, tecnologia como uma correção, e noções de especialização” (Waight & Abd-El-Khalick, 2012, p. 10, tradução nossa).

Dessa maneira, compreendemos que discutir a Natureza da Tecnologia possibilita o reconhecimento do que seria Tecnologia em uma perspectiva ampliada e crítica nas salas de aula. Voltado ao ensino de Ciências, Cajas (2001) versa que é importante que os estudantes sejam alfabetizados cientificamente e tecnologicamente, entendendo, nesse processo, que a Tecnologia sempre nos traz vantagens e desvantagens, uma vez que sempre é necessário sacrificar recursos naturais para obtenção de outras coisas. Assim, o que se almeja para ele no ensino de Ciências é o entendimento da Natureza da Tecnologia e a compreensão de conteúdos tecnológicos, advindos de uma formação científica relevante, auxiliando os estudantes a tomarem decisões conscientes.

Nessa perspectiva, os cursos de formação de professores de Ciências podem preparar os futuros professores para entender a Natureza da Tecnologia de forma ampliada, ou seja, possibilitar uma compreensão da tecnologia além dos aparatos eletrônicos e digitais utilizados nos ambientes educacionais.

Conforme Kruse (2013), é necessário realizar uma problematização e contextualização histórica da Tecnologia durante os cursos de formação de professores, possibilitando expandir a visão comum de Tecnologia, considerando que as novas tecnologias foram construídas a partir dos componentes e conceitos tecnológicos já existentes, e reconhecer que a tecnologia envolve conhecimentos práticos, atividades humanas, inovação e sistemas. A partir dessa compreensão, os professores de Ciências poderão valorizar a tomada de decisões mais conscientes.

Uma terceira dimensão engloba o *iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA)* e compartilha o mesmo discernimento do terceiro eixo estruturantes de Sasseron (2024). Adicionalmente, focalizamos, nessa dimensão, a problematização de atitudes frente a aspectos e Questões Sociocientíficas e Tecnológicas (QSCT) diante das relações CTSA. A atitude/ação se fundamenta no aspecto volitivo das manifestações de Tecnologia de Mitchan (1994). A partir do movimento das relações CTSA, emergiu o pensar nos aspectos e nas questões sociocientíficas na Educação Científica, mas onde adentraria o lugar da Tecnologia nessa história? Por isso, defendemos a inclusão de aspectos tecnológicos envolvidos nos contextos sociais dos estudantes, para que estes compreendam, de maneira ampla, as relações e interdependência entre Ciências e Tecnologia que estão presentes em seu dia a dia, posicionando-se diante de um aspecto e/ou uma QSCT. Por isso, seria essencial desenvolver habilidades nos estudantes para distinguir, em uma situação corriqueira, o que vem a ser conhecimento científico-tecnológico de uma mera opinião sem fundamento, como também certo discernimento e/ou ação tecnológica para buscar informações científico-tecnológicas confiáveis.

Argumentamos ainda que, por meio da presente dimensão, haja uma desmitificação de discussões que envolvam aspectos e questões tecnológicas no ensino de Ciências. Ressaltamos que estas, quando discutidas, não devem causar uma única posição quer seja a visão de tecnofilia ou tecnofobia.

Conforme Demo (2009), a tecnofilia diz respeito à crença de que Tecnologia somente traz benefícios à sociedade; já a tecnofobia é o oposto, seria a visão de que Tecnologia traz apenas malefícios. Salientamos que tais posições podem denotar uma posição acrítica por parte dos estudantes, visto que não se pode esquecer que o desenvolvimento tecnológico incorpora outros aspectos que advêm de questões sociais, éticas e políticas, portanto, desde a sua produção, não há traços de neutralidade (Bazzo, 2014). Assim, pelo fato de discussões sobre Tecnologia e Ciência poderem ser também controvérsias, sugerimos que temáticas sejam discutidas por meio de aspectos e questões sociotecnocientíficas, apresentando suas implicações positivas e negativas quando se relacionam Tecnologia à Ciência, Sociedade e Ambiente.

Aspectos da Transformação Social como uma Dimensão da ACT

Ao alinharmos nossa proposição à perspectiva da visão III da ACT (Valladares, 2021; Osborne, 2023; Sjöström, 2024; Nehring & Sjöström, 2025), compreendemos que a transformação social deve estar presente como uma de suas dimensões essenciais. Dessa forma, propomos a inclusão da dimensão *atitudes comprometidas com a transformação social*, fundamentada nos pressupostos da pedagogia freireana. Para Pereira (2015), esta pedagogia, influenciada por diversas correntes filosóficas, como o Marxismo e o Humanismo, tem como essência a emancipação humana por meio da transformação social.

Nesse sentido, ao articular a ACT com a perspectiva de Freire (1967, 1980, 1996), refletimos sobre a necessidade de um ensino de Ciências que vá além da mera aquisição de conceitos científicos e tecnológicos, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Entretanto, como aponta Fernandes (2020), o sistema capitalista dominante continua a moldar as relações de produção e consumo, perpetuando a exploração do trabalho, a pobreza, a desigualdade e os impactos ambientais. A autora ainda nos relembra que a transformação social não acontece de forma imediata, mas exige o desejo de uma maioria traduzido em ações concretas (atitudes), embasadas na identificação das contradições presentes em nossas vidas e na busca pelas raízes dos problemas, para, então, agir sobre eles.

Esta perspectiva dialoga com a teoria do materialismo histórico-dialético de Karl Marx e Friedrich Engels (1998), citado por Fernandes (2020), que nos convida a ir além da interpretação do mundo e a agir para transformá-lo. Como enfatiza Marx (1888, p. 1) na tese onze sobre Feuerbach: “Os filósofos têm apenas interpretado o mundo de maneiras diferentes; a questão, porém, é transformá-lo”. Assim, compreendemos que o conhecimento obtido por meio da ACT não deve ser apenas um meio de entendimento da realidade, mas um instrumento ativo de mudança, capaz de moldar tanto nossa visão de mundo, quanto nossa capacidade de intervir e transformá-lo.

No contexto atual de crise civilizatória, estas reflexões ganham especial relevância no ensino de Ciências. Não podemos ignorar as desigualdades, as crises sanitárias, ambientais e outros desafios contemporâneos (Fernandes, 2020; Catarino & Reis, 2021; Valladares, 2021), pois, enquanto professores e professoras, temos o compromisso de auxiliar os estudantes a compreenderem o mundo como ele é, utilizando as lentes da Ciência e da Tecnologia para promover uma conscientização crítica sobre a construção de uma realidade mais justa.

Esta conscientização, entendida como desenvolvimento crítico da consciência (hooks, 2021), não deve ser confundida com doutrinação, como frequentemente alegam grupos conservadores e de extrema direita. Nosso papel como professores e professoras de Ciências é incentivar o pensamento crítico, apresentar múltiplas perspectivas e respeitar a autonomia individual dos estudantes, permitindo que estes construam seus próprios entendimentos e tirem suas próprias conclusões sobre o tipo de mundo em que desejam viver.

Logo, a inclusão de uma dimensão voltada para aspectos da transformação social é fundamental, pois a ausência dessa perspectiva deixa os estudantes vulneráveis aos interesses do capital, sem a oportunidade de desenvolver uma consciência crítica. Ignorar esta perspectiva é ceder ao sistema vigente e rejeitar práticas pedagógicas transformadoras que podem ampliar o pensamento crítico e gerar impacto na realidade. Estamos num momento em que é urgente trazer a virada sociopolítica (Moura, 2025a; Moura, 2025b) para a ACT na sala de aula, não a política partidária, mas a política como prática de cidadania e construção coletiva de um futuro melhor com justiça social.

Ampliar a perspectiva da ACT nesse sentido, na sala de aula, vai muito além de ensinar fórmulas ou explicar processos como a fotossíntese. Trata-se de abrir espaço para que os estudantes possam se questionar: por que as coisas são assim? Como a Ciência e Tecnologia foram construídas? Como chegamos aqui? Por que existe essa contradição nesse problema? O que podemos fazer para transformar essa realidade? A educação, como nos lembra hooks (2021), deve ser uma prática de liberdade, algo que inspire ação e mudança.

Esta dimensão incluída na ACT busca contribuir com uma compreensão crítica da Ciência e Tecnologia com os valores da justiça social, visando desenvolver cidadãos críticos e conscientes das questões sociais por meio da capacidade de questionar as estruturas de poder e as desigualdades que estas áreas podem perpetuar (Santos, 2009; Morales-Doyle, 2017; Valladares, 2021; Nehring & Sjöström, 2025). Corroboramos ainda com Silva et al. (2024, p. 6) quando argumentam que “quanto mais elementos o indivíduo se apropria da realidade ou fenômeno (objeto de estudo), mais consciente se torna. Ele se transforma e passa a ter condições de atuar e transformar esta realidade”. Assim, a ACT, enquanto perspectiva formativa, não apenas amplia a visão dos estudantes sobre Ciência e Tecnologia, mas também se torna um caminho para a emancipação e a transformação social.

A proposição das dimensões de ACT aqui descritas partem do entendimento de que nenhuma delas, isoladamente, é capaz de assegurar uma formação crítica e emancipatória. Pelo contrário, é na interação dinâmica entre os aspectos científicos, tecnológicos e sociopolíticos que se constrói uma ACT capaz de responder aos desafios contemporâneos. Trata-se, pois, de um processo contínuo, dialógico e não linear, em que cada dimensão alimenta e é alimentada pelas demais, possibilitando a emergência de novos sentidos formativos e de práticas educativas mais transformadoras. A seguir, buscamos integrar todos esses aspectos apresentados até aqui em uma proposição ampla e integrada para uma “nova roupagem” de dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica.

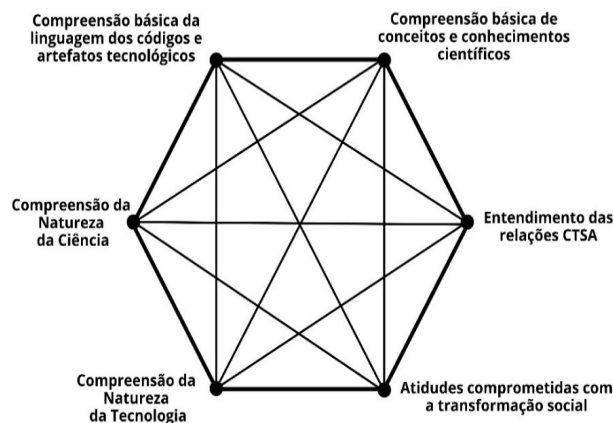
Organizando as Dimensões de Alfabetização Científica e Tecnológica

Em nossa perspectiva, quando se volta à ACT, é possível considerar seis dimensões como partes interdependentes de um todo, que, por sua vez, podem caracterizar e

representar os conhecimentos basilares da perspectiva formativa da ACT durante a formação inicial de professores de Ciências. E, para nós, assumimos as dimensões: *i) compreensão básica de conceitos e conhecimentos científicos; ii) compreensão básica da linguagem dos códigos e artefatos tecnológicos; iii) compreensão da Natureza da Ciência; iv) compreensão da Natureza da Tecnologia; v) entendimento das interações entre CTSA, e vi) atitudes comprometidas com a transformação social.* Uma estrutura multidimensional da ACT pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1

Estrutura multidimensional da ACT



É importante mencionar que consideramos que as dimensões podem não estar presentes em toda e qualquer atividade de sala de aula em que se discuta temáticas da área de ensino de Ciências Naturais. Em nosso entendimento, é possível que algumas dimensões de ACT sejam mais alcançadas de maneira explícita em algumas temáticas e menos em outras. Contudo, reconhecemos que a abordagem de problemas sociais pode potencializar o alcance dessas dimensões, favorecendo uma aprendizagem mais crítica e significativa.

As dimensões apresentadas visam promover uma ACT mais abrangente e crítica, preparando os indivíduos para compreenderem e se relacionarem, de maneira responsável, com a Ciência e Tecnologia em sua vida cotidiana. A inclusão das dimensões de aspectos tecnológicos e a dimensão que objetive a transformação social dos sujeitos em processos pedagógicos pode ser fundamental para alcançar a ACT ampliada, oferecendo um direcionamento basilar para a formação de cidadãos conscientes diante do contexto científico e tecnológico atual. Uma síntese das dimensões pode ser visualizada na Figura 2 a seguir.

Figura 2

Síntese das Dimensões de Alfabetização Científica e Tecnológica

DIMENSÕES	DESCRIÇÃO
Compreensão básica de conceitos e conhecimentos científicos	Concerne à possibilidade de trabalhar com os alunos a construção de conhecimentos científicos necessários para que seja possível a eles aplicarem em situações diversas e de modo apropriado em seu dia a dia.
Compreensão básica da linguagem dos códigos e artefatos tecnológicos	Entendimento de Tecnologia como objeto artefato e atividade humana. Além de habilidades básicas ao utilizar tecnologias digitais, conhecer a linguagem de símbolos, códigos, figuras que remetem à cultura tecnológica e os códigos tecnológicos no uso de redes sociais.
Compreensão da Natureza da Ciência	Refere-se à Ciência como um processo dinâmico de construção de conhecimentos, baseado em práticas epistêmicas, que sofre influências internas e externas de ordem social, cultural e política, reconhecendo a Ciência como uma atividade humana, histórica e situada.
Compreensão da Natureza da Tecnologia	Implica reconhecer a Tecnologia como uma forma de conhecimento presente ao longo da história humana, para além da visão reducionista de ciência aplicada. Envolve superar concepções descontextualizadas, neutras ou deterministas, utilitaristas, compreendendo a Tecnologia em suas dimensões sociais, culturais, políticas e éticas.
Entendimento das interações CTSA	Compreender a aplicação dos saberes científicos e tecnológicos, analisando suas implicações e os impactos das ações decorrentes de seu uso na sociedade e ambiente. Envolve ainda a capacidade de diferenciar conhecimento científico e tecnológico de opiniões, além de desenvolver discernimento para buscar informações confiáveis e avaliar QSCT de forma crítica e responsável.
Atitudes comprometidas com a transformação social	Denota as atitudes críticas que levem os estudantes a se engajarem socialmente, questionando as estruturas de poder e promover mudanças sociais, utilizando conhecimentos de C&T de maneira ética e responsável em prol de um mundo mais igualitário.

Entendemos ainda que, quando a interconexão entre as diferentes dimensões é discutida, é possível obter uma compreensão mais abrangente da ACT. Em nossa perspectiva, é essencial discutir estas dimensões na passagem nos cursos de formação inicial de professores de Ciências, para potencializar posteriormente a chegada à Educação Básica. É nessa direção que a subseção adiante versa sobre uma proposição de como abordar as seis dimensões de ACT em processos de ensino e aprendizagem.

O Circuito em Espiral da ACT

Com o intuito de promover a discussão sobre as dimensões de ACT do ponto de vista pedagógico, optamos representá-las de maneira imbricada, por meio de um circuito em espiral, inspirado no espiral da cultura científica de Vogt (2003). Esta representação visual pode facilitar a compreensão e a discussão das dimensões, destacando sua interconexão e dinâmica.

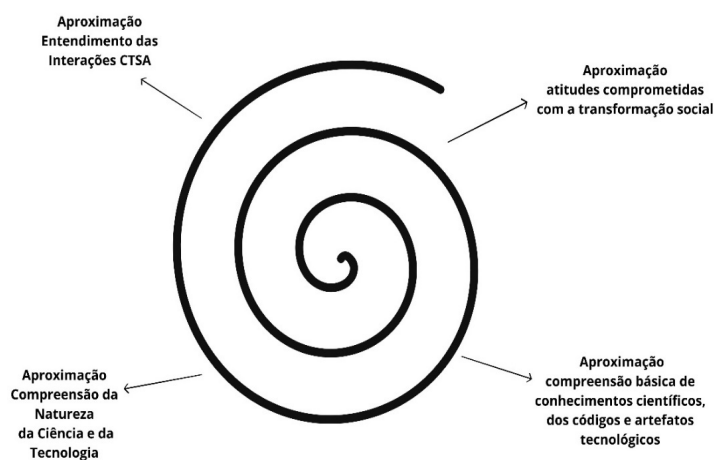
Assim como na espiral da cultura científica, onde os elementos são representados em uma espiral contínua, a representação das dimensões de ACT em um circuito em espiral pode ressaltar a natureza contínua e interconectada do processo de alfabetização da cultura científica e tecnológica ao longo da vida. Cada volta do espiral pode representar uma etapa, ou aspecto específico das dimensões, com os elementos interligados em uma progressão que pode ser gradual ou não. Isso pode ajudar os professores do ensino de Ciências a visualizarem e planejarem intencionalmente a integração das dimensões em seus programas disciplinares, nos processos de ensino e aprendizagem, ou ainda na formação inicial e continuada de professores, destacando a importância de uma abordagem holística e integrada da Alfabetização Científica e Tecnológica.

A intenção de representar pedagogicamente as dimensões em um circuito em espiral surge do reconhecimento da complexidade e da inter-relação entre os diferentes aspectos da ACT e uma tentativa de incorporar aspectos tecnológicos silenciados e os sociopolíticos neste processo. Esta abordagem visa possibilitar uma exploração mais profunda e significativa destas dimensões ao longo do processo educativo.

Consideramos o circuito em espiral da ACT um processo formativo em constante construção, que busca evidenciar a relação entre diferentes dimensões. Para fins de apresentação, destacamos quatro aproximações, entendidas como focos ou movimentos de conexão entre os aspectos científicos e tecnológicos que podem proporcionar encontros entre estas culturas e facilitar a prática pedagógica para alcançar a ACT. É fundamental mencionar que, em nosso ponto de vista, o circuito em espiral da ACT não se trata de um roteiro progressivo ou de etapas a serem cumpridas em ordem, mas de possibilidades que podem ser exploradas de forma independente ou simultânea, conforme as necessidades dos estudantes, os objetivos formativos e as condições concretas de cada contexto laboral. Uma representação do circuito pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3

Circuito em espiral da ACT



Uma das aproximações propõe a integração das dimensões *Compreensão básica de conceitos e conhecimentos científicos* e *Compreensão básica da linguagem dos códigos e artefatos tecnológicos*. Considerando que Ciência e Tecnologia estão profundamente interligadas, defendemos que estas dimensões podem emergir de forma conjunta, por isso, denominamos esta etapa como aproximação à *compreensão básica de conhecimentos científicos, dos códigos e artefatos tecnológicos*. Em nossa perspectiva, não é necessário ter sucedido por um currículo sistematizado para fundamentar algumas compreensões básicas. Espaços não formais de ensino, jornalismo científico, divulgação científica, internet e redes sociais são exemplos de locais que contêm traços da cultura científica e tecnológica, permitindo que os cidadãos tenham um contato básico imediato antes ou durante a escolarização. No entanto, isso não exclui a possibilidade de desenvolver processos de ensino e aprendizagem com o objetivo de aprimorar e aprender os conhecimentos básicos científicos e tecnológicos na fase inicial.

Entendemos que estas dimensões representam conhecimentos pertencentes à cultura científica e tecnológica que permeiam todos os cidadãos e que estão presentes no dia a dia dos indivíduos para além da escola. Saber entender as informações de um rótulo de um biscoito, o código tecnológico de *wi-fi*, *QR code*, placas de acessibilidade e outros códigos presentes nos artefatos tecnológicos do tipo placa são alguns dos exemplos.

Outra aproximação destaca a articulação entre as dimensões *compreensão Natureza da Ciência* e *compreensão da Natureza da Tecnologia*. Diante da interdependência entre esses campos, defendemos que seus fundamentos podem ser abordados de forma integrada, originando a aproximação à *compreensão da Natureza da Ciência e da Tecnologia*. Esta integração permite discutir, de maneira crítica, como práticas científicas e tecnológicas se desenvolvem historicamente, suas relações com valores sociais, econômicos e políticos, e as especificidades que distinguem, sem separar, rigidamente, os modos de produção de conhecimento e de criação de artefatos. Assim, em vez de tratar cada dimensão de forma isolada, propomos uma abordagem que favoreça a análise conjunta das características, limites e implicações socioculturais da Ciência e da Tecnologia. Para atingir esta aproximação, compreendemos que as atividades em sala de aula podem ser planejadas e realizadas por meio de um currículo sistematizado que busque discutir, explicitamente ou implicitamente, visões mais amplas sobre o que é Ciência e Tecnologia e suas práticas epistêmicas.

Isso implica distanciar-se de concepções equivocadas e ingênuas sobre a Natureza da Ciência, tais como concepção empírico-indutivista da ciência; visão rígida e infalíveis da metodologia científica; visão acumulativa e linear da História da Ciência; visão descontextualizada e socialmente neutra da atividade dos cientistas; visão individualista e elitista da ciência, entre outras (Martins, 2015; Matthews, 2017). Já ao explorar a Natureza da Tecnologia, é importante afastar-se de perspectivas salvacionistas, instrumentalistas, utilitaristas e deterministas e da visão que a Tecnologia é apenas uma extensão subserviente da ciência aplicada. Isso inclui superar também visões descontextualizadas e socialmente neutras, percebendo a Tecnologia como conhecimento que esteve presente em toda a vida humana.

Uma terceira aproximação volta-se à dimensão *Entendimento das interações CTSA*. Aqui, busca-se ampliar a percepção dos estudantes sobre as interações complexas e interdependentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Para atingir esta aproximação, é recomendável que o(a) professor(a) planeje uma sequência didática e/ou projeto e/ou construa um programa disciplinar ou interdisciplinar que aborde interações que possam discutir os mitos de Ciência e Tecnologia. Esta dimensão pode ser promovida por meio de processos de ensino e aprendizagem que incentivem a construção de um pensamento crítico diante de um aspecto ou QSCT que esteja relacionada à vida dos estudantes.

Um caminho possível pode ser por meio de atividades progressivas ao longo da jornada na Educação Básica que estimulem o estudante a posicionar-se diante de temáticas relevantes em seu contexto, polêmicas ou controversas que possuem implicações de diferentes níveis. Algumas formas de materialização dessa perspectiva, são QSCT, júri simulados, argumentação, ensino de Ciências por investigação, aprendizagem baseada em problemas, Tecnologia Social Didática, entre outras abordagens, são exemplos de atividades que consideramos favorecer e aproximar desta dimensão da Alfabetização Científica e Tecnológica.

Por fim, outra aproximação privilegia o desenvolvimento de *atitudes comprometidas com a transformação social*. A perspectiva de atitudes que adotamos refere-se a predisposições para agir, refletir criticamente e tomar decisões fundamentadas, orientando como os sujeitos se posicionam e atuam diante de questões científicas, tecnológicas e sociopolíticas. Em nossa compreensão, esta aproximação aborda o nível de maior complexidade no processo da promoção da ACT. Para atingir esta dimensão, entende-se que o(a) professor(a), de maneira intencional, pode planejar atividades em que associe conhecimentos científicos e tecnológicos com os valores de justiça social a partir da identificação de uma contradição social localizada no contexto dos educandos. Isso acarreta incentivar uma visão crítica da realidade em que o educando aprenda a identificar e compreender as raízes de problemas sociais e ambientais (Silva et al., 2024).

Ainda segundo as autoras, com a leitura da realidade, espera-se que os indivíduos se sintam motivados a agir em prol de uma sociedade mais justa e igualitária, transformando o aprendizado em um processo de conscientização e engajamento social.

Para tanto, acreditamos que os indivíduos podem apresentar uma disposição para a prática social e cidadã por meio de algumas atitudes, que foram adotadas do estudo de Silva et al. (2024), quando propõem dimensões do pensamento crítico e níveis de consciência se fundamentando em Paulo Freire, a saber: i) realiza uma leitura da realidade compreendendo a raiz do problema; ii) expressa interesse na resolução do problema com justiça social, equidade e sustentabilidade; iii) respeita opiniões contrárias de forma ética e respeitosa; iv) apresenta flexibilidade mental e disposição ao diálogo, e v) apresenta uma postura proativa com vistas a reagir a mudança.

Após apresentar as quatro aproximações, é importante mencionar que o circuito em espiral não deve ser compreendido como uma gradação ou hierarquia entre as dimensões, mas como uma metáfora para o movimento contínuo, revisitado e relacional

entre os diferentes aspectos da ACT. Concordamos que as dimensões são indissociáveis, mas visualizá-las em um modelo do tipo espiral pode auxiliar a representar a natureza processual e dialógica do desenvolvimento crítico.

O circuito em espiral da ACT possibilitado por meio de quatro aproximações estabelece um caminho pedagógico interligado e integrado entre C&T, que visa promover uma ACT com vistas a transformação social. Utilizar as dimensões propostas no circuito em espiral para aproximar-se da ACT de maneira integrada, conforme nossa ótica, é fundamental para promover uma educação científica mais abrangente. Essa representação didático-pedagógico pode permitir aos educadores explorarem a complexidade e a inter-relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, possibilitando os estudantes compreenderem não apenas os conceitos básicos, mas também as implicações éticas, sociais e ambientais dos achados científicos e dos avanços tecnológicos.

Aliado a isso, ao incentivar uma atitude crítica diante de questões e aspectos sociocientíficos e tecnológicos, esperamos que as aproximações promovam o desenvolvimento de habilidades essenciais, como pensamento crítico, argumentação e tomada de decisão, engendrando os estudantes ao enfrentamento de complexos desafios do mundo contemporâneo de maneira engajada e ativa com vistas a transformação social.

Reforçamos ainda que, o circuito em espiral da ACT, por si só, não garante a promoção de uma ACT ampliada e crítica. O que efetivamente possibilita que suas dimensões (aproximações) se traduzam em práticas pedagógicas transformadoras é a maneira como cada professor(a) entende a ACT e se apropria de seus pressupostos, algo diretamente relacionado à sua formação, às suas experiências e às convicções que orientam sua prática laboral. Em outras palavras, o potencial emancipador do circuito em espiral da ACT depende da postura reflexiva e do compromisso ético-político do(a) docente que o mobiliza de maneira intencional.

Considerações Finais

A discussão dos aspectos tecnológicos e sociopolíticas na ACT ainda ocupa um espaço limitado nas pesquisas da área e, de modo ainda mais acentuado, nos cursos de formação inicial de professores de Ciências, indicando que a discussão é ainda mais escassa nas escolas públicas do Brasil. Diante desse cenário, este ensaio buscou contribuir teoricamente por meio da proposição de seis dimensões da ACT, que avançam em relação a proposições já consolidadas, notadamente, quando explicitamos os aspectos tecnológicos historicamente silenciados e integramos, de forma estruturante, uma dimensão sociopolítica alinhada à Visão III da ACT.

Nesse sentido, consideramos que uma das principais implicações dessa proposição se refere à necessidade de reorientação dos processos formativos relacionados à ACT nos cursos de Licenciatura em Ciências.

Ao longo deste trabalho, ainda argumentamos que a inclusão de aspectos tecnológicos na ACT não deve ser negligenciada, especialmente por aqueles que adotam esta orientação, uma vez que não discutir aspectos tecnológicos na formação inicial de professores de Ciências pode resultar em várias lacunas ou hiatos formativos que podem abrir espaço para a propagação de visões simplistas sobre a Tecnologia. Tais lacunas na formação inicial de professores de Ciências podem limitar discussões e a capacidade de promover uma compreensão mais profunda e crítica da interação entre as relações de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Desse modo, apontamos que um caminho viável para abordar este tema seria incluí-lo nos currículos dos projetos pedagógicos de cursos de formação de professores de Ciências, a fim de que, posteriormente, seja abordado nas salas de aula da Educação Básica. Acreditamos que explorar temáticas que relacionem a Tecnologia e a Ciência na formação inicial de professores pode proporcionar aos estudantes a oportunidade de desenvolver o pensamento crítico e sua formação cidadã.

Estas discussões podem não apenas ser sobre o papel social da Ciência e Tecnologia, mas também sobre suas implicações que acompanham diversas temáticas relevantes da atualidade para o ensino de Ciências da natureza. Como exemplo, temos tecnologias sociais, alimentos geneticamente modificados, computação quântica, células-tronco e tecnologias de clonagem, cigarro eletrônico (*vape*), utilização de medicamentos com semaglutida/tirzepatida, inteligência artificial, ChatGPT, robótica, uso de aplicativos, algoritmos nas redes sociais, metaverso, impressoras 4D, armas químicas, bombas nucleares, energia renováveis, mudanças climáticas, tecnologia 5G, nanotecnologia, vacinas com RNA mensageiro, biotecnologia, bioinformática, transgenia, hidrogênio verde, dentre outros temas.

Estas temáticas envolvem questões relacionadas à Ciência e à Tecnologia que possuem implicações de diferentes esferas, como histórica, social, política, ética, econômica, valorativa, ambiental e cultural, demandando análises aprofundadas que podem promover discussões relevantes em sala de aula no ensino de Ciências. Um caminho possível para discutir estas e outras temáticas é por meio da proposição do circuito em espiral da ACT sugerida neste estudo.

Entretanto, reconhecemos que a proposição apresentada neste ensaio possui limitações. O circuito em espiral da ACT e as seis dimensões propostas não foram aplicados empiricamente, o que restringe, neste momento, a análise de sua operacionalização em contextos reais de formação docente ou de ensino na Educação Básica. Trata-se, portanto, de uma construção teórica que carece de validação empírica, ajustes e aprofundamentos metodológicos.

Apesar dessa limitação, a proposta delineada abre um campo fértil para desdobramentos empíricos e teóricos futuros, tendo em vista que o circuito em espiral da ACT é uma representação teórica que oferece uma estrutura conceitual flexível e dinâmica que pode ser adaptada e aplicada em outras pesquisas da área do Ensino de Ciências. Sua aplicação potencial pode incluir estudos de caso, intervenções pedagógicas

ou análises sobre o desenvolvimento da ACT em contextos educacionais específicos. Dessa forma, delineia-se como uma ferramenta teórica que pode orientar investigações empíricas futuras, proporcionando contribuições para o campo da Alfabetização Científica e Tecnológica.

Logo, sinalizamos a necessidade de estudos futuros, validar a aplicação do circuito em espiral da ACT, ou ainda aprofundar teoricamente com o avanço de outras propostas teóricas, como a construção de indicadores pedagógicos ou atributos, capazes de identificar, em sala de aula, o desenvolvimento das diferentes aproximações da ACT nos processos de ensino e aprendizagem. Estas investigações também poderiam propor variações em níveis ou graus de complexidade para as dimensões aqui apresentadas, contemplando sua adaptação às diferentes etapas da Educação Básica e a possível inclusão de novas dimensões ainda não exploradas.

Aventuramos dizer que as discussões aqui apresentadas convergem para uma questão central, a urgência e a necessidade de ampliar os horizontes da ACT para além da alfabetização de conceitos científicos ou do uso instrumental de tecnologias em sala de aula. Mais do que um acréscimo da letra T nas dimensões de ACT, o que se propõe é uma reorientação epistêmica e pedagógica que possibilite formar professores que não apenas conheçam Ciência e Tecnologia, mas que sejam capazes de problematizá-las, contextualizá-las e mediá-las de forma ética e transformadora.

Se há uma luz no horizonte, ela não é a promessa de um caminho fácil ou de uma fórmula pedagógica pronta. Trata-se antes de uma aposta que contribua para a construção coletiva de práticas de formação de professores que incluam as dimensões da ACT e recusem a lógica da simplificação e da neutralidade. Esta luz, ainda tênue, aponta outras possibilidades de educar, de formar e de resistir, onde a Ciência e a Tecnologia não sejam fins em si, mas instrumentos para a construção de um mundo mais justo, solidário e plural.

Contribuições dos Autores

Administração do projeto: Dantas, J. M.; **Análise formal:** Lima, D. C. F.; **Conceituação:** Lima, D. C. F.; **Gerenciamento de dados:** Lima, D. C. F.; **Escrita — Primeira versão:** Lima, D. C. F.; **Escrita — Revisão e edição:** Lima, D. C. F., Dantas, J. M.; **Investigação:** Lima, D. C. F.; **Obtenção de financiamento:** Dantas, J. M.; **Recursos:** Dantas, J. M.; **Supervisão:** Dantas, J. M.; **Validação:** Dantas, J. M.; **Visualização:** Dantas, J. M.

Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Os dados serão fornecidos quando solicitados aos autores.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (CAPES) – Código de Financiamento 001. Além disso, agradecemos o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos auxílios por meio do projeto universal nº 406323/2021-6.

Referências

- Albuquerque, G. C. S., Beber, S. Z. C., & Leite, R. F. (2025). Alfabetização Científica em Contextos Formais e Não Formais: Convergências e Ampliações Conceituais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25, e62309, 1–23. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u619641>
- Araujo, L. G. L., & Eichler, M. L. (2023). Fake news e os vícios epistêmicos: desafios e perspectivas na sociedade da ignorância. *Revista Docência e Cibercultura*, 7(2), 182–197. <https://doi.org/10.12957/redoc.2023.68260>
- Bazzo, W. A. (2014). *Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica*. Editora da UFSC.
- Blom, N., & Abrie, A. L. (2021). Students' perceptions of the nature of technology and its relationship with science following an integrated curriculum. *International Journal of Science Education*, 43(11), 1726–1745. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1930273>
- Bocheco, O. (2011). *Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina). Repositório Institucional da UFSC. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95281>
- Bonfim, C. S., Strieder, R. B., & Reis, P. G. R. D. (2024). Aprender agindo: iniciativas de ativismo sociopolítico em práticas educativas de Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 30, e24054. <https://doi.org/10.1590/1516-731320240054>
- Bybee, R. W. (1995). Achieving scientific literacy. *The science teacher*, 62(7), 28.
- Catarino, G. F. D. C., & Reis, J. C. D. O. (2021). A pesquisa em ensino de ciências ea educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre natureza da ciência e interdisciplinaridade. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, e21033. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210033>
- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 243–254. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21737>
- Carvalho, G. S. D. (2009). Literacia científica: conceitos e dimensões. In F. Azevedo, & M. G. Sardinha (Orgs.), *Modelos e práticas em literacia* (pp. 179–194). Lidel.

- 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>
- Chassot, A. (2011). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação*. Unijuí.
- Cupani, A. (2016). *Filosofia da tecnologia: um convite* (3ª ed.). Editora da UFSC.
- 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<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Demo, P. (2009). "Tecnofilia" & "Tecnofobia". *Boletim Técnico do Senac*, 35(1), 4–17. <https://bts.senac.br/bts/article/view/251>
- De Vries, M. (2018). Philosophy of technology: Themes and topics. In M. De Vries (Ed.), *Handbook of technology education* (pp. 7–16). Springer.
- Dicio. (2020). *Dimensão*. Dicionário online de português. <https://www.dicio.com.br/dimensao/>
- Dias Junior, O. (2020). *PPGECT, O que é tecnologia?* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina). Repositório Institucional da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216462>
- Fernandes, G. W. R. (2025). Há uma crise na alfabetização científica e tecnológica? Uma reflexão crítica sobre STEM e transformação social. *Vestigare: Revista Pesquisa Educação, Ciência e Tecnologia*, (1), 4–28. <https://doi.org/10.5380/vrpect.1.97827>
- Fernandes, G. W. R., Fernandes, I. H., & Santos, D. L. (2024). Alfabetização Científica e Tecnológica como transformação social: uma reflexão para a sua promoção no ensino de ciências a partir de uma tecnologia social. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 26, e53183. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240195>
- Fernandes, I. H., Santos, D. L., & Fernandes, G. W. R. (2025). Alfabetização Científica e Tecnológica Escolar Como Transformação Social: Uma Análise a Partir de Uma Situação de Estudo Apoiada por Tecnologia Social. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 25, e53657, 1–29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u129>
- Fernandes, S. (2020). *Se quiser mudar o mundo: Um guia político para quem se importa*. Planeta.
- Firme, R. N. (2020). Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva em nossa prática docente?. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(1), 65–82. <https://doi.org/10.14483/23464712.14300>
- Fourez, G. (2005). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Colihue.

- Freire, P. (1967). *Educação como prática da liberdade*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1980). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- García-Carmona, A., & Díaz-Acevedo, J. A. (2016). Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison–La guerra de las corrientes. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 34(1), 193–209. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1916>
- Guerrero, G., & Sjöström, J. (2025). Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review. *Studies in Science Education*, 61(1), 41–87. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future*. Springer Science & Business Media.
- Hodson, D. (2020). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20, 592–622. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00114-6>
- hooks, B. (2021). *Ensinando a transgredir: a educação como prática da liberdade*. WMF Martins Fontes.
- Kauano, R. V., & Marandino, M. (2022). Paulo Freire na educação em Ciências Naturais: tendências e articulações com a Alfabetização Científica e o movimento CTSA. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22, e35064, 1–28. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u521548>
- Kruse, J. W. (2013). Implications of The Nature of Technology for Teaching and Teacher Education. In M. P. Clough, J. K. Olson, & D. S. Niederhauser (eds), *The Nature of Technology* (pp. 345–369). SensePublishers.
- Leite, R. F. (2015). *Dimensões da alfabetização científica na formação inicial de professores de Química* (Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UEM. <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4529>
- Lorenzetti, L. (2021). A alfabetização científica e tecnológica: Pressupostos, promoção e avaliação na educação em ciências. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (pp. 47–72). Livraria da Física.
- Lorenzetti, L. (2023). Promovendo a alfabetização científica e tecnológica no contexto escolar. *Educação por Escrito*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2023.1.45045>

- Lima, D. C. F. (2022). *A Tecnologia em foco na Educação CTS: um estudo na formação inicial de professores de Ciências* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte). Repositório Institucional da UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/49534>
- Lima, D. C. F. (2025). *Alfabetização Científica e Tecnológica e a incompletude de aspectos tecnológicos na formação inicial de professores de Ciências* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte). Repositório Institucional da UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/66205>
- Lima, D. C., & Dantas, J. M. (2021). Um panorama do elemento Tecnologia na Educação CTS e o ensino de Ciências. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 17(39), 73–91. <https://doi.org/10.18542/amazrecm.v17i39.11353>
- Lima, D. C. F., Dantas, J. M., Nunes, A. O., & Rosa, M. P. A. (2023). Alfabetização Tecnológica no Ensino de Ciências: um estado do conhecimento entre os anos 2012 a 2022. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 18(2), 22–33. <https://doi.org/10.54343/reiec.v18i2.371>
- Lima, D. C. F., Dantas, J. M., & Rosa, M. P. A. (2023a). Interações entre tecnologia, ciência e sociedade na concepção de professores em formação inicial de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 6(esp.), 95–115. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v6iespecial.14781>
- Marx, K. (1888). *Theses on Feuerbach*. <https://www.marxists.org/archive/marx/works/1845/theses/theses.htm>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3).
- Matthews, M. (2017). *La enseñanza de la ciencia: Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Medeiros, L. L. (2024). *Alfabetização científica e tecnológica: Uma matriz paradigmática para avaliação de abordagens na educação científica brasileira* (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte). Repositório Institucional da UFRN. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/63517>
- Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e compreensões da alfabetização científica e tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (pp. 19–45). Livraria da Física.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 29–48.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology: The path between engineering and philosophy*. University of Chicago Press.

- Moura, C. B. (2025). Um turno sociopolítico para a educação em ciências?. *Ciência & Educação (Bauru)*, 31, e25000B, 1–17. <https://doi.org/10.1590/1516-73132025000A>
- Moura, C. B. (2024). Introduction—In the Eye of the Storm: For a Sociopolitical Turn in Science Education to Build Post-pandemic Worlds. In C. B. Moura (ed.), *A Sociopolitical Turn in Science Education. Contemporary Trends and Issues in Science Education* (pp. 3–25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78586-3_1
- Morales-Doyle, D. (2017). Justice-centered science pedagogy: A catalyst for academic achievement and social transformation. *Science Education*, 101(6), 1034–1060. <https://doi.org/10.1002/sce.21305>
- Nehring, A., Sjöström, J. (2025). Science Education for Inclusive Citizenship. In S. Kenner, M. Kleinschmidt, D. Lange, F. Reichert, & C. Schröder (eds.), *Inclusive Citizenship. Citizenship. Studien zur Politischen Bildung* (pp. 369–387). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-45757-0_24
- Nunes, A. O., & Coelho, M. N. (2025). *Fundamentos de alfabetização científica e tecnológica: Teorizações e novos olhares*. Livraria da Física.
- Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education. In Handbook of research on science education. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (pp. 785–816). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-30>
- Pereira, D. A. (2015). *Fontes filosóficas da pedagogia de Paulo Freire: A transformação social radical inspirada em Karl Marx como núcleo sintético* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul). Repositório Institucional da Universidade Federal de Pelotas (Guaiaca). <http://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/2950>
- Prsybyciem, M. M., Silveira, R. M. C. F., & Miquelin, A. F. (2021). Ativismo sociocientífico e questões sociocientíficas no ensino de ciências: e a dimensão tecnológica?. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, e21062, 1–21. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210062>
- Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Diez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C., & Vázquez Dorrió, J. B. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability*, 12(10), 4283. <https://doi.org/10.3390/su12104283>
- Rosa, C. T. W., & Amaral, L. C. Z. (2021). Formação cidadã no ensino de ciências: Diálogo com a ACT. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (pp. 95–110). Livraria da Física.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum Associates.

- Roberts, D. A. (2011). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11–27). Routledge.
- Richetti, G. P., & Niezwida, N. R. A. (2023). Alfabetização científica e tecnológica e a caixa preta da dimensão tecnológica. In G. W. R. Fernandes, & L. R. Allain (Orgs.), *Proposições epistemológicas, curriculares e metodológicas de grupos de estudo e pesquisa em ensino de Ciências: Caminhos para a educação básica e o ensino superior* (pp. 25–40). Livraria da Física.
- Rudolph, J. L. (2024). Scientific literacy: Its real origin story and functional role in American education. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(3), 519–532. <https://doi.org/10.1002/tea.21890>
- Santos, W. L. D. (2009). 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. (2008). 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>
- Sasseron, L. H. (2008). *Alfabetização científica no ensino fundamental: Estrutura e indicadores deste processo em sala de aula* [Tese de Doutorado]. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sasseron, L. H. (2024). Alfabetização científica como perspectiva formativa: Resultados de pesquisa e possibilidades de novos estudos. In C. A. O. Maranhães Junior (Org.), *Análise de dados em educação para a ciência e a matemática* (pp. 103–113). Texto e Contexto.
- Shen, B. S. (1975). Views: Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. *American Scientist*, 63(3), 265–268.
- Silva, M. B., & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 23, e34674. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Silva, M. G. L. (2003). *Repensando a tecnologia no ensino de química do nível médio: Um olhar em direção aos saberes docentes na formação inicial* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal

- Silva, M. G. L., Marbà-Tallada, A., & Bargalló, C. M. (2024). Da leitura da realidade à ação problematizadora: uma análise do nível de consciência no desenvolvimento do pensamento crítico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 24, e54106, 1–35. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2024u831865>
- Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, 61(2), 239–274. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229>
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. Judy, Z. Mevarech, & D. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education: Learning, teaching and assessment* (pp. 65–88). Springer International Publishing.
- Szczepanik, G. E. (2020). A natureza da tecnologia e seu ensino. *Revista Dialectus*, 9(17), 213–228. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54805>
- Supremo Tribunal Federal (2024). *Guia ilustrado contra as deepfakes do Supremo Tribunal Federal & Data Privacy Brasil*. STF, Coordenadoria de Combate à Desinformação. <http://bibliotecadigital.stf.jus.br/xmlui/handle/123456789/7797>
- Tolbert, S., & Bazzul, J. (2017). Toward the sociopolitical in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 12(2), 321–330. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9737-5>
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation: Critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30(3), 557–587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Vogt, C. (2003). A espiral da cultura científica. *ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, 45, 4–16.
- Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875–2905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.698763>
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308–327. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>

 **Dioginys Cesar Felix de Lima**

Universidade Regional do Cariri
Missão Velha, Ceará, Brasil
dioginys.felix@urca.br

 **Josivânia Marisa Dantas**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, Rio Grande do Norte, Brasil
josivania.dantas@ufrn.br

 **Editora Responsável:** Aline Andréia Nicolli

Revisado por: Mariana Beraldo Santana do Amaral da Rocha

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

Copyright (c) 2025 Dioginys Cesar Felix de Lima, Josivânia Marisa Dantas



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.
