

Domínios do Conhecimento Científico e Tecnologias Sociais Didáticas para a Promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica

Domains of Scientific Knowledge and Didactic Social Technologies for Promotion of Scientific and Technological Literacy

Dominios del Conocimiento Científico y Tecnologías Sociales Didácticas para Promoción de la Alfabetización Científica y Tecnológica

Danilo Lopes Santos,^{id} Geraldo Wellington Rocha Fernandes,^{id} e Fernando César Silva^{id}

Resumo

Desde meados da última década, o campo da Educação Científica vem discutindo a incorporação das Tecnologias Sociais (TS) no Ensino de Ciências, especialmente em um momento histórico, em que a literatura destaca uma perspectiva de Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) comprometida com a transformação social dos estudantes. Nesse contexto, no ambiente escolar, surge a proposta teórico-metodológica das Tecnologias Sociais Didáticas (TSD), que envolve, além da resolução de problemas socialmente relevantes, também a promoção de diferentes dimensões da ACT. Com base nessa proposta, este trabalho tem como objetivo identificar limites e possibilidades de mobilização dos Domínios do Conhecimento Científico (DCC) a partir do desenvolvimento de TSD. Para tanto, o estudo revisita os conceitos de ACT e de TSD, discutindo de que modo o uso das TSD pode mobilizar os DCC (conceitual, epistêmico, social e material). Por fim, ressaltamos o papel fundamental da intencionalidade docente para viabilizar esse processo e alcançar a integração entre DCC, ACT e TSD.

Palavras-chave: intencionalidade docente, formação de professores, tecnologia social

Abstract

Since the mid-2010s, the field of Science Education has discussed the incorporation of Social Technologies (ST) into science teaching, particularly in a historical moment in which the literature highlights a perspective of Scientific and Technological Literacy (STL) committed to students' social transformation. In this context, within the school environment, the theoretical-methodological model of Didactic Social Technologies (DST) emerges, involving further the resolution of socially relevant problems, also the promotion of different dimensions of STL. Based on this proposal, this study aims to identify limits and possibilities for mobilizing the Domains of Scientific Knowledge (DSK) through the development of DST. Thereunto, the study revisits the concepts of STL and DST, discussing how these approaches can mobilize the DSK (conceptual, epistemic, social and material). Finally, we emphasize the fundamental role of teachers' intentionality in enabling this process and achieving integration among DSK, STL and DST.

Keywords: teacher intentionality, teacher education, social technology

Resumen

Desde mediados de la última década, el campo de la Educación Científica viene discutiendo la incorporación de las Tecnologías Sociales (TS) en la enseñanza de las ciencias, especialmente en un momento histórico en el que la literatura destaca una perspectiva de Alfabetización Científica y Tecnológica (ACT) comprometida con la transformación social del estudiantado. En este contexto, en el ámbito escolar, surge la propuesta teórico-metodológica de las Tecnologías Sociales Didácticas (TSD), que implica, además de la resolución de problemas socialmente relevantes, también la promoción de diferentes dimensiones de la ACT. Con base en esta propuesta, este trabajo tiene como objetivo identificar límites y posibilidades de movilización de los Dominios del Conocimiento Científico (DCC) desde el desarrollo de las TSD. Para ello, el estudio revisa los conceptos de ACT y de TSD, discutiendo de qué modo estos enfoques pueden movilizar los DCC (conceptual, epistémico, social y material). Por último, destacamos el papel fundamental de la intencionalidad docente para viabilizar este proceso y alcanzar la integración entre DCC, ACT y TSD.

Palabras clave: intencionalidad docente, formación del profesorado, tecnología social

Introdução

Nas últimas décadas, tem-se intensificado o debate sobre o papel social da ciência e da tecnologia diante dos problemas contemporâneos, como a desinformação, o negacionismo e os crescentes desafios socioambientais (G. Fernandes, 2025; Lorenzetti, 2021; Silva & Sasseron, 2021). Nesse cenário, a busca por práticas educativas capazes de ampliar o engajamento crítico dos estudantes com o conhecimento científico e tecnológico e suas relações com a sociedade se destaca. A ênfase recai especialmente no desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) (Silva & Sasseron, 2021; Sjöström, 2024; Valladares, 2021), na Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; Fernandes et al., 2025; Fourez, 1997, 2005; Lima, 2025; Milaré et al., 2021) e na natureza social da ciência (Silva & Sasseron, 2021; Silva et al., 2022).

Tais construtos teóricos convergem para uma nova perspectiva em desenvolvimento no contexto escolar, a da Tecnologia Social Didática (TSD) (Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2025). A TSD configura-se como um modelo didático-social que visa à transformação social, que incorpora e problematiza temas sociais, políticos, econômicos e éticos relacionados à ciência e à tecnologia, promovendo espaços para a discussão, reflexão e ação por parte dos estudantes.

Atualmente, também encontramos estudos voltados à compreensão dos Domínios do Conhecimento Científico (DCC) (Duschl, 2008; Stroupe, 2014) que têm sido trabalhados na área da Educação Científica para aprofundar a compreensão sobre como os modos de produção das ciências contribuem para o processo de aprendizagem no contexto escolar (Cappelle et al., 2023; Franco & Munford, 2021; Silveira & Munford, 2020). Por sua vez, esses DCC estabelecem relações e fomentam o desenvolvimento da AC e da ACT (Santos & Silva, 2025; Silva & Sasseron, 2021).

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é **identificar limites e possibilidades de mobilização dos DCC a partir do desenvolvimento das TSD**. Por meio de uma análise que articula o referencial teórico dos DCC com o das TSD, em que ambos apresentam potencial para o desenvolvimento das dimensões da ACT (G. Fernandes et al., 2024), busca-se aprofundar o debate sobre o potencial formativo e transformador dessas iniciativas no contexto escolar, que ao mesmo tempo, reconheçam o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, evidenciem o caráter social da ciência e atendam às demandas socioambientais contemporâneas.

A discussão teórica proposta neste trabalho contribui para a área da Educação Científica, ao identificar os limites e as possibilidades de mobilização dos DCC por meio do desenvolvimento das TSD. Busca-se, assim, ampliar a compreensão de como os domínios conceituais, epistêmicos, sociais e materiais podem se articular às práticas de ensino. Essas articulações visam a promover o desenvolvimento da ACT, de modo a fomentar a transformação social dos estudantes.

Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) como Transformação Social

A ACT tem sido apontada como um construto promissor para a formação de cidadãos críticos e participativos na sociedade contemporânea (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; Fernandes et al., 2025; Lima, 2025; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021; Rosa & Amaral, 2021). Ela não se limita à transmissão de conceitos, característica de uma prática educativa conservadora, também oportuniza o “empoderamento das pessoas em nome de objetivos humanísticos e/ou socioeconômicos” (Fourez, 1997, p. 903). Isso abre caminho para a autonomia individual e para a capacidade de agir e de negociar decisões em um mundo marcado pela crescente influência da ciência e da tecnologia. Nesse sentido, a ACT visa a superar uma concepção meramente instrumental do conhecimento e propõe-se a promover a compreensão crítica do papel das práticas científicas e tecnológicas na construção de “uma sociedade mais democrática, justa, igualitária e sustentável” (Milaré & Richetti, 2021, p. 19), estimulando a participação efetiva dos indivíduos em debates e ações sociopolíticas.

Entre os pilares da ACT, destacam-se a capacidade de analisar impactos científicos, tecnológicos e sociais e a tomada de decisões informadas, alinhadas aos propósitos democráticos do conhecimento. Esses pilares, para Fourez (2003, pp. 213–214), envolvem dimensões “humanistas, sociais e econômicas”, estabelecendo que a ACT se trata de poder “participar da cultura do nosso tempo”, que o cidadão tenha “autonomia na nossa sociedade técnico-científica e uma diminuição das desigualdades”, além da participação do indivíduo em um mundo industrializado. Assim, a construção de uma concepção integrada de ciência e tecnologia “decodifica seu mundo” para o cidadão, e ainda o capacita a compreender e transformar a realidade (Auler, 2003; Fourez, 2003, p. 113).

Como consequência, ACT, em uma perspectiva **global**¹, configura-se como um construto para fomentar a reflexão crítica sobre questões éticas, culturais e políticas relacionadas à ciência e à tecnologia, capacitando os indivíduos a tomarem decisões conscientes e atuarem em suas comunidades.

No âmbito **escolar**, a ACT assume relevância ao proporcionar uma “educação crítica e transformadora, orientada por teorias progressistas” (Lorenzetti, 2021, p. 48), capaz de preparar os estudantes para os desafios do mundo moderno. Dessa forma, o Ensino de Ciências passa a integrar debates sobre sustentabilidade, democracia e cidadania, favorecendo a emergência de sujeitos críticos e ativos. Conforme Milaré e Richetti (2021, p. 41), “os desafios em nossa sociedade são múltiplos e lidar com eles, nas diferentes esferas, exige conhecimento dos processos históricos e dos empreendimentos humanos”, destacando-se a importância de compreender a ciência e a tecnologia em seus aspectos sociais e culturais. Ao mesmo tempo, “a ACT demonstra seu valor como perspectiva formativa, não apenas para a construção do conhecimento, mas também para fomentar a participação cidadã e a emancipação social” (G. Fernandes, 2025, p. 16).

Ao investigar o potencial da ACT no contexto escolar, diferentes estudos têm discutido e analisado esse processo a partir de dimensões específicas (prática, cultural e cívica), e mais recentemente, sob a perspectiva da dimensão transformação social (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2025). Nesse contexto, os estudantes são incentivados a discutir, refletir e agir criticamente, utilizando o diálogo, a problematização e a ação transformadora como instrumentos para compreender e intervir nas estruturas sociais. Esse processo possibilita o desenvolvimento de uma postura crítica e reflexiva diante de questões sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia, permitindo que os indivíduos compreendam e transformem a realidade em que estão inseridos. A ACT e suas dimensões mantêm, assim, estreita relação com as diferentes Visões da AC (Sjöström, 2018, 2024; Valladares, 2021), como sistematizado na Figura 1.

1 A ACT constitui um construto único, mas seu desenvolvimento assume formas distintas, conforme o contexto em que ocorre e as necessidades dos atores envolvidos. Como destacam Auler e Delizoicov (2001), os objetivos atribuídos à ACT são múltiplos e, por vezes, difusos: podem incluir desde a promoção de uma participação social crítica em problemáticas vinculadas à ciência e à tecnologia, até finalidades mais alinhadas à legitimação e ao apoio público à dinâmica vigente do desenvolvimento tecnocientífico. Estudos recentes têm ampliado essa discussão, ao analisar a ACT sob diferentes perspectivas, tanto em âmbito global quanto em contextos escolares (Santos & Silva, 2025; Milaré et al., 2021). Na perspectiva global, a ACT pode ser fomentada por políticas públicas ou iniciativas privadas que visam, sobretudo, à formação cidadã crítica e consciente, permitindo que os indivíduos compreendam e avaliem os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea (I. Fernandes, 2025). Já no âmbito da Educação Básica, denominado ACT escolar, seu desenvolvimento depende de metodologias, abordagens e estratégias pedagógicas que promovam o pensamento crítico, a contextualização e a apropriação significativa dos conhecimentos científicos e tecnológicos, de modo a favorecer a formação integral dos estudantes (I. Fernandes, 2025).

Figura 1

Relações entre as concepções de AC e as dimensões da ACT

Visões da AC	Dimensões para a ACT (escolar)	Caracterização para o contexto de sala de aula
Visão I	Visão I: ACT Prática	Os estudantes buscam compreender fenômenos naturais, processos e funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos a partir de elementos da linguagem científica.
Visão II	Visão IIA: ACT Cultural	Compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia.
	Visão IIB: ACT Cívica	Os estudantes lidam com decisões que envolvem aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Argumentam acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e da contextualização social sobre a atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros.
Visão III	Visão III: ACT Transformação Social	Os estudantes discutem, refletem e agem a partir do diálogo, da problematização e da ação transformadora, sobre mudanças de estruturas sociais. Apresentam a capacidade de compreender e atuar de forma crítica e reflexiva em relação a questões sociais, políticas, econômicas e éticas, relacionadas à ciência e tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada.

Fonte: Adaptado de G. Fernandes (2025, pp. 12–13).

Estabelecendo uma relação sistemática entre a Visão III da AC (Sjöström, 2018, 2024; Valladares, 2021), e a ACT (Auler, 2003; Auler & Delizoicov, 2001; Dutra et al., 2017; Fabri, 2020; G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2025; Fourez, 1997, 2003, 2005; Fumeiro et al., 2019; Lawall, 2021; Lima, 2025; Lorenzetti, 2021; Milaré & Richetti, 2021; Richetti & Milaré, 2021; Rosa & Amaral, 2021), Santos e Silva (2025) propuseram uma ampliação do conceito da ACT como transformação social. Na perspectiva da ACT como transformação social, ela promove a emancipação, empoderando os estudantes a atuarem local e globalmente, exercendo sua participação social de maneira consciente e fundamentada em princípios como justiça social, educacional e econômica, democracia, cidadania, sustentabilidade e igualdade. Além disso, essa formação proporciona, aos estudantes, ferramentas para reconhecer ideologias, compreender dinâmicas políticas e adotar perspectivas interdisciplinares, tornando-os aptos a transformar a sociedade e a si mesmos, além de atuar criticamente no mundo.

Nessa perspectiva, se a ACT como transformação social busca promover a participação consciente, a emancipação e a atuação crítica dos estudantes, torna-se necessário compreender como esse processo pode ser construído no contexto da sala de aula. É nesse ponto que os DCC se tornam relevantes, pois permitem visualizar o processo social da ciência e compreender como os modos de produção da ciência podem ser mobilizados no Ensino de Ciências em articulação com as diferentes dimensões da ACT.

Domínios do Conhecimento Científico (DCC)

Com base em estudos das Ciências da Aprendizagem, dos Estudos Científicos e da Educação Científica, os DCC permitem visualizar, em sala de aula, o processo social da ciência, criando oportunidades de interação com temas, conhecimentos, valores, práticas e materiais que promovem a aprendizagem (Duschl, 2008; Pickering, 1995; Silva & Sasseron, 2025; Stroupe, 2014).

O domínio **conceitual** refere-se às estruturas conceituais e aos processos cognitivos utilizados ao raciocinar cientificamente, englobando teorias, princípios, leis e ideias que orientam a investigação (Duschl, 2003, 2008; Stroupe, 2014). O domínio **epistêmico** abrange “os quadros epistemológicos usados ao desenvolver e avaliar o conhecimento científico” (Duschl, 2008, p. 277), permitindo que os estudantes decidam “o que sabem e por que estão convencidos de que sabem” (Stroupe, 2014, p. 492). O domínio **social** diz respeito aos “processos sociais e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido” (Duschl, 2008, p. 277) e como os estudantes “concordam sobre normas e rotinas para lidar, desenvolver, criticar e usar ideias” (Stroupe, 2014, p. 492). Já o domínio **material** refere-se ao uso e à adaptação de ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para apoiar o trabalho intelectual da prática científica e tecnológica (Pickering, 1995; Stroupe, 2014).

A mobilização dos DCC (conceitual, epistêmico, social e material) e das dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social) apresenta uma estreita relação com potencial de contribuir para o Ensino de Ciências e com as pesquisas em Educação Científica (Santos & Silva, 2025). Essa relação expressa-se na forma como os estudantes mobilizam diferentes DCC, ao interagir com os conhecimentos científicos e tecnológicos e relacioná-los às diferentes dimensões da ACT (prática, cultural, cívica e transformação social), como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2

Dimensões da ACT desenvolvidas por meio da mobilização dos DCC

		Dimensões para ACT			
		Caracterização para o contexto de sala de aula			
		Prática	Cultural	Cívica	Transformação social
DCC	Definição	Os estudantes buscam compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica. ²	Compreensão dos contextos históricos e sociais em que o conhecimento científico e tecnológico se insere, promovendo a reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia. ²	Os estudantes lidam com decisões que envolvem a aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Argumentam acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos e da contextualização social da atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros. ²	Os estudantes discutem, refletem e agem, a partir do diálogo, da problematização e da ação transformadora, sobre as mudanças de estruturas sociais. Apresentam a capacidade de compreender e atuar de forma crítica e reflexiva em relação às questões sociais, políticas, econômicas e éticas, relacionadas à ciência e à tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada. ²
Conceitual	As Estruturas conceituais e os processos cognitivos utilizados ao raciocinar cientificamente. ³ Como teorias, princípios, leis e ideias são usados pelos atores para raciocinar com e sobre essas ideias. ⁴	Para acessarem as estruturas conceituais, os processos cognitivos, as teorias, princípios, leis e ideias utilizadas ao raciocinar cientificamente e, portanto, fazer uso da linguagem científica.	Uma vez que teorias, princípios, leis e ideias científicas estão inseridos em contextos históricos e sociais. refletir e discutir sobre esses conceitos da dimensão cultural exige que os estudantes contextualizem o conhecimento científico em seu tempo histórico e social, reconhecendo que as teorias científicas são moldadas pelas condições sociais e pelas necessidades da sociedade.	Para Compor e legitimar seus argumentos, através de teorias, princípios, leis e ideias, sobre aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos.	Para se apropriarem das teorias, princípios, leis e ideias necessárias para raciocinar cientificamente e tecnologicamente acerca das questões sociais, políticas, econômicas e éticas da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade.

2 Os autores (2025).

3 Duschl (2008).

4 Stroupe (2014).

Figura 2

Dimensões da ACT desenvolvidas por meio da mobilização dos DCC (continuação)

DCC	Definição	Dimensões para ACT			
		Caracterização para o contexto de sala de aula			
		Prática	Cultural	Cívica	Transformação social
Epistêmico	Os Quadros epistemológicos usados ao desenvolver e avaliar o conhecimento científico. ³ A base filosófica pela qual os atores decidem o que sabem e por que estão convencidos de que sabem. ⁴	Para compreender os fenômenos naturais, os processos e o funcionamento das tecnologias utilizando de conhecimentos científicos e tecnológicos e da linguagem científica, os estudantes acessam a estrutura do conhecimento, como dados e evidências para decidirem o que sabem e porque estão convencidos disso.	Para refletir e discutir sobre a filosofia e sociologia da NdC e da NdT, uma vez que esses evoluíram a partir da interação entre ciência, tecnologia e sociedade ao longo do tempo, os estudantes utilizaram de estruturas do conhecimento, como dados e evidências para desenvolver e avaliar os entendimentos em sala de aula.	Para agirem com segurança na tomada de decisões que envolvem a aplicação de contextualização social do conhecimento científico, uma vez que esse domínio permite que os estudantes decidam o que sabem e porque estão convencidos do que sabem.	Para desenvolver e avaliar o conhecimento científico e tecnológico uma vez que esse domínio é a base filosófica pela qual os estudantes decidem o que sabem e o porquê estão convencidos que sabem, e assim podem compreender e atuar de forma crítica e reflexiva acerca da ciência e da tecnologia para transformar a sua realidade.
Social	Os processos sociais e contextos que moldam como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido. ³ Como os atores concordam sobre normas e rotinas para lidar, desenvolver, criticar e usar ideias. ⁴	Ao buscarem compreender fenômenos naturais, processos e o funcionamento de tecnologias, os estudantes podem ter contato com formas de representação e comunicação que auxiliem na apropriação de conhecimentos científicos e tecnológicos.	Ao observar os modos de comunicação e debate do conhecimento científico, o estudante constrói uma base para discutir filosoficamente e sociologicamente a forma como o conhecimento científico e tecnológico se legitima e se dissemina ao longo do tempo.	Para negociarem a forma como comunicam seus argumentos acerca dos aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos.	Uma vez que O êxito da atuação crítica e reflexiva dos estudantes em relações sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia é dependente da forma como esses estudantes comunicam, apresentam, argumentam e debatem sobre os conhecimentos científicos e tecnológicos.
Material	Como os atores criam, adaptam e utilizam ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para apoiar o trabalho intelectual da prática. ⁴	A partir da criação, adaptação e utilização de ferramentas, tecnologias e outros para apoiar a utilização da linguagem científica e o processo de compreensão dos fenômenos naturais, os processos e funcionamento das tecnologias.	Para os estudantes criarem, adaptem e utilizarem ferramentas, tecnologias, inscrições e outros para sustentar e apoiar as suas discussões, como também corroborar as suas reflexões e compreensões acerca dos contextos histórico e social em que o conhecimento científico e tecnológico estão inseridos.	Para criarem, adaptem e utilizarem ferramentas, tecnologias e inscrições tanto para apoiar as suas tomadas de decisão quanto para corroborar os seus argumentos.	Para a compreensão e atuação de forma crítica dos estudantes em questões sociais políticas, econômicas e éticas estão relacionadas às habilidades desses estudantes de criar, adaptar e utilizar ferramentas, tecnologias, inscrições e outros recursos para argumentar, negociar, validar e legitimar os seus argumentos
ACT e DCC					

Fonte: Adaptado de Santos e Silva (2025, pp. 12–13).

A partir da proposta de Santos e Silva (2025), diferentes DCC podem ser mobilizados para cada uma das dimensões da ACT (Figura 2).

A ACT, como transformação social, pode ser desenvolvida no contexto da sala de aula, desde que orientada por uma intencionalidade didática bem estruturada (Fernandes et al., 2024). Um dos caminhos para essa construção seria a adoção de uma abordagem permeada pelo ensino de ciências como prática social, que possibilite aos estudantes a mobilização de diferentes DCC e, portanto, vivenciarem a natureza social da ciência (Duschl, 2008; Longino, 1990; Stroupe, 2014). Dessa maneira, a ciência é compreendida tanto como um conjunto de conceitos e métodos quanto como um empreendimento humano, profundamente interligado às dimensões sociais, históricas e culturais (Silva & Sasseron, 2021; Silva et al., 2022). Evidenciar o caráter social da atividade científica tem se mostrado um caminho promissor para enfrentar os desafios educacionais e sociais contemporâneos, como o descrédito da ciência e dos cientistas, a desinformação e o negacionismo que, por sua vez, agravam os impactos ambientais e perpetuam a injustiça social (Silva & Sasseron, 2021).

Nesse sentido, as diferentes dimensões da ACT podem ser desenvolvidas a partir da mobilização de diferentes DCC (I. Fernandes et al., 2025; Santos & Silva, 2025), incentivando a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento e na problematização das relações entre a sociedade, a tecnologia e a ciência, também na atuação em suas comunidades (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; Fernandes et al., 2025; Santos & Silva, 2025; Sasseron, 2024; Silva et al., 2022).

Se as diferentes dimensões da ACT podem ser desenvolvidas a partir da mobilização de diferentes DCC, torna-se fundamental discutir caminhos pedagógicos capazes de orientar esse processo no contexto da sala de aula. Nessa direção, as TSD são uma alternativa, uma vez que esse modelo didático-social articula a aprendizagem de conhecimentos científicos e tecnológicos às problemáticas sociais e ao desenvolvimento da ACT como transformação social.

Tecnologias Sociais Didáticas (TSD)

A literatura brasileira apresenta diferentes definições para o conceito de Tecnologia Social (TS), as quais convergem na compreensão de que se trata de um processo socialmente construído, orientado à resolução de problemas coletivos. O Instituto de Tecnologia Social (ITS, 2004) define tecnologia social como o “conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e a melhoria das condições de vida” (p. 26). Nessa mesma direção, Dagnino (2014) compreende as TS como:

[...] o resultado da ação de um coletivo de produtores sobre um processo de trabalho que, em função de um contexto socioeconômico (que engendra a propriedade coletiva dos meios de produção) e de um acordo social (que legitima o associativismo), os quais ensejam, no ambiente produtivo, um controle

(autogestionário) e uma cooperação (de tipo voluntário e participativo), permite uma modificação no produto gerado passível de ser incluído segundo a decisão do coletivo (p. 144).

No contexto escolar, entretanto, a noção de Tecnologia Social ainda carece de uma delimitação conceitual mais precisa, frequentemente reduzida a projetos pontuais ou a recursos didáticos, sem considerar seu caráter processual (I. Fernandes, 2025). Diante dessa lacuna, Fernandes et al. (2024) e I. Fernandes (2025) propuseram que as Tecnologias Sociais possam ser desenvolvidas no ambiente escolar por meio das Tecnologias Sociais Didáticas (TSD). Embora as TSD tenham sua origem conceitual nas proposições de TS formuladas por Dagnino (2010, 2014), elas se distanciam em aspectos específicos (I. Fernandes, 2025).

Nessa perspectiva, a TSD amplia o alcance da TS, ao considerar a comunidade escolar como um grupo social específico, não explicitamente contemplado por Dagnino (2010, 2014). Enquanto a discussão de Dagnino (2010, 2014) fundamenta-se nos conceitos de Adequação Sociotécnica⁵ (AST) e de Economia Solidária (ES)⁶. I. Fernandes (2025) propõe, para o contexto escolar, o conceito de **Mediações Sociotécnicas Pedagógicas (MSTP)**, conforme ilustrado na Figura 3. Assim, ao transpor e desenvolver a TS no ambiente escolar, não se realiza uma Adequação Sociotécnica nos moldes de Dagnino (2010, 2014), mas uma MSTP adequada às especificidades pedagógicas, curriculares e formativas da comunidade escolar. Nesse sentido, a Figura 3, adaptada com base nos estudos de Fernandes et al. (2024), apresenta, de forma esquemática, o movimento de passagem da Adequação Sociotécnica, característica da Tecnologia Convencional⁷ (TC), para a Tecnologia Social (TS), conforme discutido por Dagnino (2010, 2014), bem como, por meio de um processo de MSTP, a transposição da TS (Comunitária) para a TS (Didática) no contexto escolar.

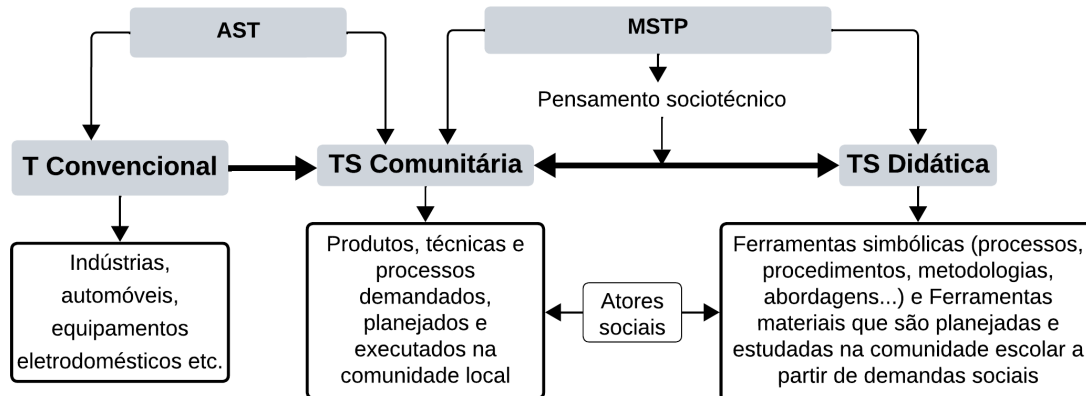
5 A AST tem por objetivo adequar a TS e conceber alternativas, incorporando critérios suplementares aos técnico-econômicos convencionais. Esses critérios suplementares são aplicados a processos de produção e circulação de bens e serviços em circuitos não formais, situados em áreas rurais e urbanas, visando a otimizar seus impactos e promover maior efetividade social e econômica (Dagnino, 2014; Dagnino et al., 2004).

6 Segundo Dagnino (2010, 2014), a ES é definida como um conjunto de organizações e empreendimentos (cooperativas, associações, fábricas recuperadas etc.) caracterizados pela propriedade coletiva dos meios de produção e pela autogestão, em que a gestão e a alocação dos resultados são decididas de forma democrática e participativa pelos trabalhadores. Para o autor, a ES não deve ser vista apenas como um mecanismo de sobrevivência ou “quebra-galho” para os pobres, também deve ser vista como uma nova proposta civilizatória e como um modo de produção alternativo ao capitalismo.

7 A TC pode ser entendida como um conjunto de sistemas e processos de produção de larga escala, que são “intensivos em capital, conhecimento técnico e recursos” (Souza & Pozzebon, 2020, p. 234), e se caracterizam, entre outros aspectos, por seu impacto negativo na esfera ambiental, social, ética e política. Segundo Rios e Lima (2016, p. 95), “a tecnologia convencional é bastante conhecida, inclusive representada nas discussões pelo desemprego estrutural”, pois seu ritmo de produção, ditado pelas máquinas, impede o “controle direto do trabalhador” e restringe o uso integral de sua capacidade criativa. As TC são “crescentemente eficientes para os propósitos de maximização do lucro privado” (Dagnino, 2014, p. 19), e ao mesmo tempo, são segmentadas e monopolizadas pelas grandes empresas, “proporcionando desigualdades” (Rios & Lima, 2016, p. 95), ao favorecer o acúmulo de capital nos países ricos e promover a desigualdade de desenvolvimento entre as economias.

Figura 3

Articulação entre Tecnologia Social (TS) e Tecnologia Social Didática (TSD) por meio da Mediação Sociotécnica Pedagógica (MSTP)



Fonte: Adaptado de I. Fernandes (2025, p. 49).

Portanto, para I. Fernandes (2025), a inserção das Tecnologias Sociais no contexto escolar ocorre por meio de MSTP, e não pela AST. Nesse processo, a TSD assume finalidades educativas voltadas à ACT, articulando a aprendizagem de conhecimentos científicos e tecnológicos às problemáticas sociais e promovendo o diálogo com a comunidade, a valorização de saberes locais e a transformação social.

As TSD caracterizam-se como modelo didático-social⁸ com potencial para desenvolver diferentes dimensões da ACT (Fernandes et al., 2025). A TSD oferece oportunidades para desenvolver a ACT como transformação social, fomentando discussões, reflexões e ações entre os estudantes sobre aspectos científicos, tecnológicos, políticos, econômicos e ambientais (Fernandes et al., 2024). Além disso, possibilita que os estudantes planejem, esquematizem, estudem conceitos, desenvolvam projetos e analisem os impactos sociais da ciência e da tecnologia (Fernandes et al., 2025). Ainda de acordo com Fernandes et al. (2025), esse processo inicia-se na escola e se expande para a comunidade, mobilizando diferentes atores sociais (Archanjo & Gehlen, 2021) quando se propõe o desenvolvimento de uma TS. Nesse sentido, o conceito de TSD fundamenta-se na transformação do entorno dos estudantes, incentivando sua participação ativa na criação de TS em suas comunidades (G. Fernandes, 2025).

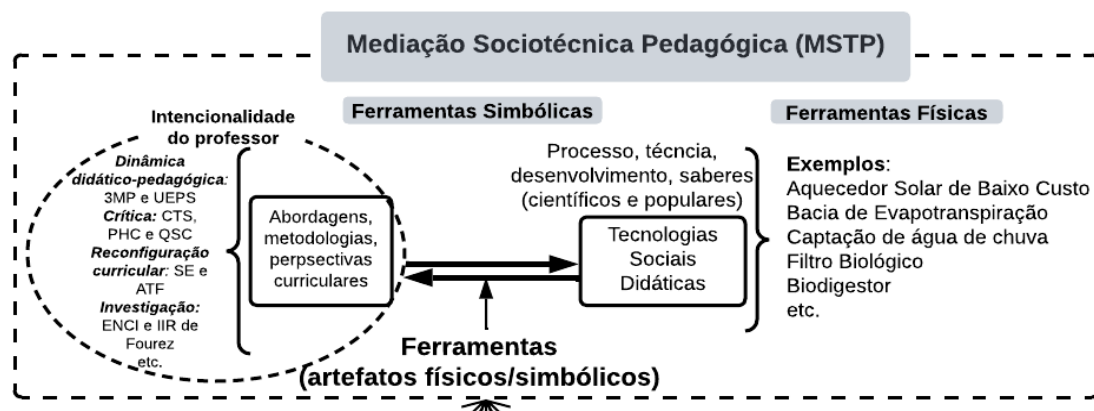
O desenvolvimento da TSD requer a mediação ativa do professor, que desempenha papel fundamental no processo. Segundo Fernandes et al. (2024), o professor atua como mediador e ator social, conduzindo atividades e promovendo a articulação entre diferentes atores sociais com conhecimentos de naturezas diversas.

⁸ A TSD é compreendida como modelo didático-social que articula processo e produto na resposta a um problema social, partindo do desenvolvimento e da reflexão sobre uma demanda social até a materialização em um produto final, denominado “Tecnologias Sociais Didáticas” (I. Fernandes, 2025). Esse modelo didático-social possibilita o debate sobre questões sociais, políticas, econômicas e éticas, configurando-se como importante possibilidade para o ensino de Ciências (G. Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025).

Essa mediação docente implica, além da compreensão da TSD enquanto modelo didático-social, também o entendimento das MSTP, que possibilitam o seu desenvolvimento no contexto escolar. De acordo com I. Fernandes (2025), as MSTP viabilizam a TSD por meio da articulação entre **ferramentas⁹ simbólicas** e **ferramentas físicas**, conforme ilustrado na Figura 4. Nessa perspectiva, para o autor, a TSD, enquanto ferramenta simbólica, expressa a intencionalidade docente na escolha e articulação de abordagens, metodologias e perspectivas curriculares; já como ferramenta física, a TSD materializa-se como produto pedagógico, resultante do processo educativo desenvolvido.

Figura 4

Mediações Sociotécnicas Pedagógicas e a articulação entre Ferramenta Simbólica e Ferramenta Física no desenvolvimento da TSD



Fonte: I. Fernandes (2025, p. 71).

Diversos exemplos de práticas educativas ilustram a intencionalidade docente. Fernandes et al. (2022) descrevem intencionalidades docentes vinculadas aos Três Momentos Pedagógicos (3MP) e às Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), estas últimas fundamentadas na Aprendizagem Significativa Crítica (Fernandes et al., 2024). Os autores também apontam práticas críticas, como a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), a Pedagogia Histórico-Crítica (PHC) e as Questões Sociocientíficas (QSC). Quando a intencionalidade docente envolve reconfiguração curricular, Fernandes et al. (2024) destacam a Situação de Estudo (SE) e a Abordagem Temática Freireana (ATF). Já em uma perspectiva investigativa, ressaltam-se o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), o Estudo de Casos Científicos e a Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) (Fourez, 2005). É importante destacar que a autonomia docente permeia todo esse processo: cabe ao professor aderir, adaptar ou transformar tais práticas educativas conforme as demandas dos estudantes, da comunidade e do contexto social.

Outro aspecto a ser considerado refere-se à integração de diferentes componentes curriculares com temáticas sociais, que pode ser favorecida por meio das TSD. Fernandes et al. (2024) apontam que a incorporação de temáticas sociais no estudo e

⁹ O conceito de ferramenta fundamenta-se na Teoria da Atividade de Engeström (1987), inspirada em Vygotsky (1978).

no desenvolvimento da TSD pode ser relevante para a construção de uma perspectiva curricular multi-, pluri- ou interdisciplinar, abrangendo conteúdos de Ciências, Biologia, Geografia, Sociologia, História, Matemática, Física e Química e contribuindo para a ACT como transformação social (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024). No entanto, Fernandes et al. (2025) alertam que as TSD não devem ser confundidas com a pedagogia de projetos, com recursos experimentais ou com a abordagem STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), diferenciando-se por seu compromisso com a transformação social e a mobilização de atores sociais.

Portanto, compreendida como modelo didático-social, articulado às MSTP e ao movimento entre a ferramenta simbólica e a ferramenta física (I. Fernandes, 2025), a TSD configura-se como caminho promissor para o desenvolvimento das diferentes dimensões da ACT (Fernandes et al., 2024). Ao integrar a aprendizagem de conceitos científicos e tecnológicos a problemáticas de natureza científica, tecnológica, política, econômica e ambiental, a TSD favorece a construção de práticas educativas ancoradas na realidade dos estudantes e de suas comunidades. Esse potencial, contudo, depende diretamente de uma intencionalidade docente clara e estruturada, capaz de orientar as práticas pedagógicas para a mobilização dos DCC e a promoção de uma formação crítica, reflexiva e socialmente comprometida.

A partir dessa compreensão da TSD como modelo didático-social, articulado às MSTP, à ferramenta simbólica e à ferramenta física, torna-se possível avançar para a análise de suas contribuições no desenvolvimento das dimensões da ACT e na mobilização dos DCC. Mais do que caracterizar a TSD, nos interessa compreender como sua proposição teórico-metodológica, orientada pela intencionalidade docente, pode favorecer novas formas de articulação entre a ACT, os DCC e as TSD no Ensino de Ciências.

Contribuições das TSD para a Mobilização dos DCC e o Desenvolvimento das Dimensões da ACT

I. Fernandes (2025) apresenta uma proposta teórico-metodológica (Figura 4) para o desenvolvimento das TSD. Para que esse desenvolvimento ocorra, o professor desempenha papel central, utilizando sua intencionalidade pedagógica para mobilizar um repertório amplo de práticas, articulando-se com a TSD e sendo potencialmente apoiado por outros atores sociais, especialmente os da comunidade escolar (Fernandes et al., 2024).

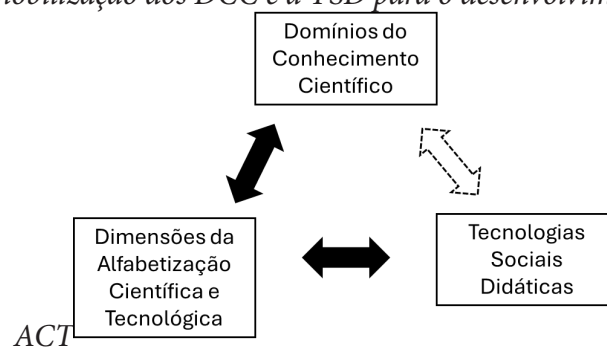
Embora Fernandes et al. (2024, p. 4) proponham que “a ACT como transformação social possa ser desenvolvida por meio do ensino de ciências como prática social (Silva & Sasseron, 2021; Silva et al., 2022) em torno de problemas científicos, tecnológicos e sociais”, os autores não explicitam como essa proposta se articula com os DCC. A literatura da área (Silva & Sasseron, 2021; Silva et al., 2022) entende que o ensino de ciências como prática social se caracteriza pela mobilização dos DCC, em sala de aula, por meio de práticas científicas, como a argumentação, a investigação e a modelagem.

Contudo, é importante destacar que, historicamente, a mobilização dos DCC tem ocorrido predominantemente no contexto de abordagens, como o ensino de ciências por investigação, cujo desenvolvimento também depende da intencionalidade docente. Neste estudo, ampliamos essa perspectiva ao argumentar que os DCC também podem ser mobilizados a partir da intencionalidade do professor e do desenvolvimento da TSD, o que permite novas formas de articulação com diferentes práticas educativas e favorece uma formação científica e tecnológica mais crítica e socialmente engajada. Ampliando nossa discussão sobre a intencionalidade docente para a mobilização dos DCC, mas fazendo uma análise como exemplo acerca de software no contexto educacional, Sena et al. (2025) argumentam que o potencial formativo não está nos artefatos em si, mas na forma como são pedagogicamente trabalhados pelo professor.

A ampliação dessa perspectiva adquire relevância adicional quando consideramos que a literatura da área (Santos & Silva, 2025) já evidencia relações consistentes entre a mobilização dos DCC e o desenvolvimento das dimensões da ACT. Paralelamente, estudos recentes (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025) demonstram que as diferentes dimensões da ACT podem ser efetivamente desenvolvidas por meio das TSD. Dessa forma, ao estabelecer articulações entre os DCC e as TSD (Figura 5), este estudo contribui para o debate contemporâneo na Educação Científica, oferecendo subsídios teóricos e metodológicos que respondem tanto às demandas atuais do Ensino de Ciências quanto aos desafios sociais mais amplos que atravessam o contexto educacional.

Figura 5

Articulação entre a mobilização dos DCC e a TSD para o desenvolvimento das dimensões da



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A partir da Figura 5, é possível identificar que as articulações entre os DCC e as dimensões da ACT (Santos & Silva, 2025), bem como entre as dimensões da ACT e as TSD (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025) já estão consolidadas na literatura por meio de fundamentações teóricas, e no caso da ACT e das TSD, também de evidências empíricas (Fernandes et al., 2025). Nesse cenário, destaca-se uma lacuna referente às articulações diretas entre os DCC e as TSD, representadas na Figura 5 pela dupla seta vazia e tracejada, cuja investigação ainda demanda aprofundamento. Assim, este estudo se propõe a explorar essa relação, contribuindo para o avanço das discussões na área da Educação Científica e ampliando a compreensão sobre como as TSD podem promover a mobilização dos diferentes DCC.

Com base na proposição da articulação das dimensões da ACT com os DCC, compreendemos que a intencionalidade do professor constitui o elemento central ou catalisador para a mobilização dos domínios no contexto da TSD. Ao retomarmos o conceito de ferramenta simbólica (I. Fernandes, 2025), entendida como a expressão da intencionalidade docente na escolha e na articulação de abordagens, metodologias e perspectivas curriculares, torna-se evidente que esse momento exige atenção pedagógica cuidadosa por parte do professor. Nesse sentido, Silva e Sasseron (2025) discutem que, quando os estudantes recebem roteiros excessivamente estruturados, com etapas previamente definidas e materiais já determinados, torna-se pouco provável a emergência dos domínios epistêmico, material e social.

Segundo Silva e Sasseron (2025), a oferta de informações excessivas e de recursos prontos para uso tende a suprimir oportunidades de interação entre os estudantes, limitando suas possibilidades de análise, de tomada de decisão e de negociação sobre como alcançar os objetivos propostos. Além disso, a aplicação direta de conceitos científicos compromete sua relevância (domínio epistêmico) e fragiliza o domínio social, ao inibir a negociação coletiva de critérios, métodos e formas de comunicação. Assim, a intencionalidade docente, materializada na ferramenta simbólica, é decisiva para criar condições que favoreçam a mobilização articulada dos diferentes DCC no desenvolvimento das TSD.

Stroupe (2014) argumenta que, para viabilizar um Ensino de Ciências Ambicioso¹⁰, é necessário que o docente disponha de um amplo e diversificado repertório de práticas pedagógicas. Nesse sentido, o modelo das “Dimensões da ACT desenvolvidas por meio da mobilização dos DCC” (Figura 2) assume que o desenvolvimento das TSD deve ser sustentado por diferentes práticas educativas, selecionadas e articuladas de acordo com a intencionalidade docente.

Entretanto, para que a mobilização dos DCC se concretize a partir da intencionalidade docente no desenvolvimento das TSD, torna-se essencial que o professor valorize e priorize os processos dialógicos entre os estudantes. A centralidade dos processos dialógicos em sala de aula, associada à promoção da participação ativa dos estudantes, constitui condição pedagógica essencial para a mobilização articulada dos diferentes DCC (Sena et al., 2025). Nesse sentido, a incorporação de processos dialógicos por meio da investigação¹¹ em sala de aula incentiva a prática social da ciência entre os

10 Stroupe (2014) denomina “ensino de Ciências ambicioso” uma proposta de ensino em que o professor deixa de ser apenas transmissor de conteúdos e passa a organizar a aula para que todos os estudantes participem de forma legítima do trabalho disciplinar, aprendendo ciência como prática. Isso implica acolher e trabalhar, ao longo do tempo, com as ideias dos alunos como recursos centrais da aula, redistribuir a autoridade cognitiva na turma e criar rotinas em que os estudantes atuem como agentes epistêmicos, isto é, tenham responsabilidade por formular, testar, justificar e revisar explicações e modelos que possibilitem a mobilização dos domínios conceitual, epistêmico, social e material.

11 A literatura recente aponta que, embora não exista uma definição consensual e unívoca acerca do que caracteriza o Ensino de Ciências por Investigação, há um entendimento compartilhado de que essa abordagem didática tem como núcleo central a resolução de uma questão de investigação por meio do engajamento dos estudantes em práticas características das ciências, o que pode ocorrer por meio da adoção de **diversas estratégias didáticas** (Vechiato & Scarpa, 2024). Nesse sentido, compreendemos que, a partir de uma intencionalidade docente claramente delineada, é possível incorporar abordagens investigativas ao desenvolvimento das Tecnologias Sociais Didáticas, ampliando as possibilidades de mobilização dos DCC.

alunos, permitindo-lhes compreender como o conhecimento é construído, avaliado e legitimado (Duschl, 2008; Silva & Sasseron, 2025).

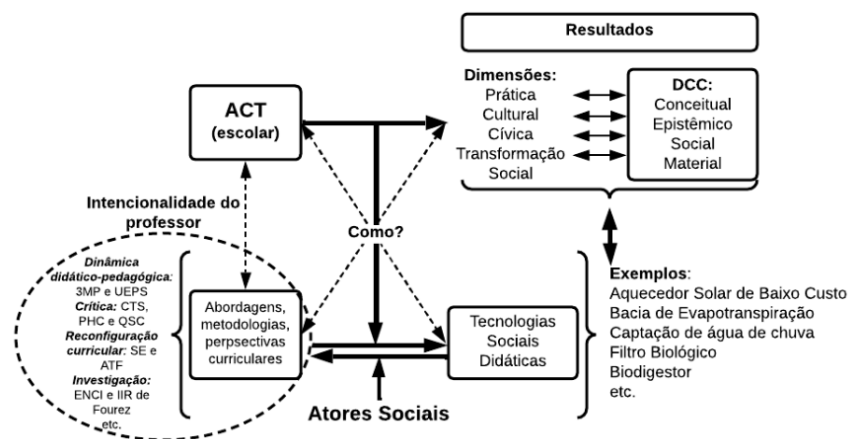
À luz de Stroupe (2014), os processos dialógicos são a via pela qual os DCC podem ser efetivamente mobilizados. Primeiro, porque os processos dialógicos possibilitam a atribuição de agência epistêmica¹² aos estudantes, permitindo que aprendam Ciências como prática, isto é, como empreendimento coletivo, situado e público. O compartilhamento da agência epistêmica implica reconhecer que o professor não é a única autoridade cognitiva da sala de aula, legitimando as contribuições dos estudantes como parte do processo de produção do conhecimento.

Segundo, ao fomentar processos dialógicos, o docente cria um ambiente no qual os movimentos discursivos atribuem valor às ideias científicas apresentadas pelos estudantes, caracterizando a ciência como prática pública, e não como conhecimento privado, restrito à figura do docente. Dessa forma, os processos dialógicos tornam-se componentes indispensáveis para que os DCC sejam mobilizados de forma integrada e coerente no contexto das TSD.

Nessa perspectiva, conforme ilustrado na Figura 6, os DCC podem ser mobilizados no processo de desenvolvimento das dimensões da ACT (Santos & Silva, 2025), e ainda no âmbito das TSD, a partir de uma intencionalidade docente explícita e estruturada, conforme a proposição teórico-metodológica das TSD.

Figura 6

Mobilização dos Domínios do Conhecimento Científico no desenvolvimento das dimensões da ACT e das Tecnologias Sociais Didáticas a partir da intencionalidade docente



Fonte: Adaptado de Fernandes et al. (2024, p. 11).

A Figura 6 evidencia que, a partir do desenvolvimento das TSD, surgem múltiplas oportunidades para a mobilização dos DCC, tanto no âmbito do desenvolvimento das diferentes dimensões da ACT quanto em função de uma intencionalidade docente explícita e estruturada.

¹² Refere-se à capacidade e responsabilidade que indivíduos ou grupos assumem, ou lhes é atribuído, de influenciar e moldar o conhecimento e as práticas dentro da comunidade de práticas científicas (Stroupe, 2014).

Dessa forma, a figura do professor, expressa por suas intencionalidades, portanto, da ferramenta simbólica da MSTP, por seu repertório de práticas pedagógicas e por sua abertura ao diálogo e aos processos dialógicos, torna-se fundamental para que os DCC sejam mobilizados durante a MSTP das TSD. Essa perspectiva amplia o potencial dos DCC, que deixam de ser restritos a práticas investigativas e passam a contribuir para diferentes finalidades pedagógicas, promovendo uma formação científica e tecnológica crítica e socialmente orientada¹³.

Embora a articulação entre TSD, DCC e dimensões da ACT evidencie possibilidades relevantes para o Ensino de Ciências e para uma formação científica e tecnológica crítica e socialmente orientada, sua concretização não ocorre de forma automática. Ao contrário, essa mobilização depende de condições pedagógicas e formativas específicas, entre as quais se destaca a formação docente, aspecto que precisa ser problematizado para que se compreendam os limites do desenvolvimento da TSD no contexto escolar.

Os Limites da Mobilização dos DCC a partir do Desenvolvimento da TSD

Duschl (2008), e posteriormente Stroupe (2014), constituem os principais referenciais teóricos para a compreensão dos DCC. No Brasil, os DCC ainda não foram plenamente incorporados à formação docente, o que sugere que poucos professores mobilizam esses domínios de maneira intencional e estruturada em suas práticas pedagógicas.

Um cenário semelhante ocorre em relação às TSD, que apesar do avanço de estudos sobre Tecnologias Sociais em contextos escolares (Archanjo & Gehlen, 2022; Archanjo & Gehlen, 2021; G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2025; Lemes et al., 2023), permanecem em fase inicial de fundamentação teórica, investigação empírica e implementação educacional.

No que se refere especificamente aos DCC, van Uum et al. (2021) destacam a necessidade de que futuras pesquisas se concentrem na formação inicial de professores, indicando que espaços formais e não formais podem desempenhar esse papel. Em consonância, Lau e Sikorski (2018) evidenciam o potencial dos museus de ciências como ambientes relevantes para o desenvolvimento profissional docente.

Silva et al. (2022) reforçam que a adoção de novas abordagens de ensino demanda planejamento estruturado, mediação docente qualificada e reflexão sistemática sobre os processos dialógicos. Tais elementos tornam a formação inicial e a continuada indissociáveis na construção de práticas inovadoras. Segundo os autores, os cursos de

¹³ Compreendemos uma formação científica socialmente orientada, assim como Tenreiro-Vieira e Vieira (2013, p. 184). Ao tratar de finalidades socialmente orientadas, os autores contrapõem-se a uma educação científica “exclusivamente propedêutica”, voltada apenas ao “prosseguimento de estudos e carreiras científicas”. Nessa perspectiva, para os autores, o ensino de ciências e matemática deve formar cidadãos que reconheçam “a ciência e a matemática como empreendimentos humanos que fazem parte integrante da cultura, sejam capazes de mobilizar os saberes na vida diária e no trabalho e de intervir socialmente, de forma crítica, nas tomadas de decisão”.

formação devem oferecer oportunidades para que os professores em formação inicial planejem, implementem e avaliem aulas fundamentadas na concepção da ciência como prática social, envolvendo conceitos, ferramentas, normas e procedimentos epistêmicos.

Nesse mesmo sentido, Subramaniam (2023) argumenta que os currículos de formação docente precisam ser reformulados, de modo que futuros professores vivenciem investigações profundas e contextualizadas sobre a construção do conhecimento científico, articulando-as às práticas científicas e desenvolvendo uma visão profissional crítica.

Por fim, Sasseron et al. (2025) exemplificam e problematizam a fragilidade da Resolução CNE/CP nº 02/2019, que buscava estabelecer a formação docente orientada pelas competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O problema é que as competências da BNCC nem sempre explicitam a ciência como prática social. Por exemplo, conforme o Art. 2º do documento (Resolução, 2019), a formação do licenciando deveria assegurar o desenvolvimento das competências gerais e das aprendizagens essenciais da Educação Básica. No entanto, quando essas “competências e aprendizagens essenciais, concretizadas nas habilidades aqui analisadas, falham em abordar a ciência como uma prática social” (Sasseron et al., 2025, p. 24), fragiliza-se a formação de professores capazes de mobilizar, de forma articulada, os DCC em sala de aula, evidenciando limites importantes nos atuais marcos normativos da formação docente.

Assim, a mobilização dos DCC depende diretamente da formação inicial e continuada dos professores de Ciências, e essa dependência torna-se ainda mais evidente, quando articulada à necessidade de intencionalidade docente para o desenvolvimento das TSD. A formação docente, portanto, configura-se como elemento decisivo para o êxito dessas propostas. Tal formação pode ocorrer em espaços formais e não formais, incluindo estágios curriculares obrigatórios e/ou o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), que promovem o confronto entre teoria e prática, ações de extensão universitária e programas de formação continuada voltados à reorganização curricular, ao planejamento crítico do conteúdo e ao desenvolvimento de práticas investigativas, entre outras perspectivas formativas.

Considerações Finais

O desenvolvimento das dimensões da ACT, especialmente a dimensão transformação social, vem sendo compreendido na literatura (G. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2024; I. Fernandes, 2025; Fernandes et al., 2025; Lima, 2025) como construto teórico capaz de contribuir para o enfrentamento de problemas sociais contemporâneos por meio da ciência e da tecnologia. Tais problemas são complexos, multifacetados e marcados por disputas políticas, econômicas e culturais. Diante desse cenário, autores (Silva & Sasseron, 2021; Silva et al., 2022) têm defendido a importância de que os estudantes compreendam o caráter social da atividade científica, o que só se torna possível quando o Ensino de Ciências é orientado pela intencionalidade docente e concebido como prática social. Essa perspectiva abre espaço para a mobilização dos diferentes DCC.

Considerando essa complexidade, entendemos que o enfrentamento dos problemas sociais contemporâneos exige a articulação de múltiplas práticas educativas. Nesse contexto, as TSD, enquanto modelo didático-social, constituem uma proposta promissora para integrar ciência, tecnologia e ação social. As TSD mostram potencial para fomentar a resolução de problemas reais, quando desenvolvidas de forma articulada à mobilização dos DCC.

Santos e Silva (2025) demonstram que os DCC podem ser mobilizados ao longo do desenvolvimento das diferentes dimensões da ACT. Neste trabalho, avançamos essa discussão ao evidenciar como os DCC podem ser mobilizados no interior da proposição teórico-metodológica das TSD, que igualmente contempla as dimensões da ACT. A proposta aqui apresentada busca ampliar as formas de mobilização dos DCC, situando-os no âmbito de práticas educativas comprometidas com uma concepção crítica e transformadora da ACT.

Nesse sentido, defendemos que as práticas educativas previstas de acordo com a proposição teórico-metodológica das TSD (I. Fernandes, 2025) constituem um ambiente fértil para a mobilização dos diferentes domínios: conceitual, epistêmico, social e material. Isso favorece a formação científica e tecnológica orientada à transformação social.

Entretanto, destacamos que a mobilização dos DCC, quando vinculada ao desenvolvimento das TSD e às dimensões da ACT escolar, depende diretamente da intencionalidade docente. Assim, a formação inicial e continuada de professores constitui um dos principais desafios para a consolidação dessa proposta. Somente com processos formativos robustos, que apoiem o professor na ampliação de seu repertório pedagógico e epistemológico, será possível implementar práticas que articulem, de forma consistente, TSD, DCC e ACT em sala de aula.

Como contribuição, este estudo propõe um avanço conceitual ao aproximar a ACT de um movimento teórico já mais consolidado no campo da Alfabetização Científica (AC), especialmente em sua articulação com os DCC. Ao fazê-lo, buscamos contribuir para que a ACT também seja compreendida à luz de uma perspectiva contemporânea da ciência, entendida como prática social e como processo marcado por diferentes modos de produção do conhecimento. Além disso, defendemos que a noção de TSD amplia a discussão sobre Tecnologia Social, ao deslocá-la para o campo didático, tomando a escola e a comunidade escolar em espaços formativos nos quais a intencionalidade docente, o ensino de Ciências e o compromisso com a transformação social se articulam.

Nessa direção, a principal inovação do estudo reside na articulação entre ACT, DCC e TSD, uma vez que essa proposição permite compreender como o desenvolvimento de diferentes dimensões da ACT, como a crítica, a cívica, a cultural e a de transformação social, pode ocorrer em contextos de ensino que favorecem a mobilização dos domínios conceitual, epistêmico, social e material, ao mesmo tempo em que promovem a compreensão da ciência como prática social e a problematização de questões sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia.

Contribuições dos Autores

Administração do projeto: Santos, D. L., Silva, F. C.; **Análise formal:** Santos, D. L., Fernandes, G. W. R., Silva, F. C.; **Conceituação:** Santos, D. L., Fernandes, G. W. R., Silva, F. C.; **Gerenciamento de dados:** Santos, D. L.; **Escrita — Primeira versão:** Santos, D. L.; **Escrita — Revisão e edição:** Santos, D. L., Fernandes, G. W. R., Silva, F. C.; **Investigação:** Santos, D. L.; **Metodologia:** Santos, D. L.; **Recursos:** Santos, D. L.; **Software:** Santos, D. L.; **Supervisão:** Silva, F. C.; **Validação:** Fernandes, G. W. R., Silva, F. C.; **Visualização:** Fernandes, G. W. R., Silva, F. C.

Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Todos os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro destinado à revisão normativa e à tradução deste manuscrito para a língua inglesa, bem como ao Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da UFMG.

Referências

- Archanjo, M. de, & Gehlen, S. T. (2022). A tecnologia social no contexto da educação socioambiental crítica: Uma ação educativa societária. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (51), 317–335.
- Archanjo, M. de, & Gehlen, S. T. (2021). A tecnologia social na programação de um currículo crítico-transformador na educação em ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 23, e24929. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230112>
- Auler, D. (2003). Alfabetização científico-tecnológica: Um novo “paradigma”. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 5, 68–83. <https://doi.org/10.1590/1983-21172003050107>
- Auler, D., & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 3, 122–134. <https://doi.org/10.1590/1983-21172001030203>
- Cappelle, V., Franco, L. G., & Munford, D. (2023). Spatiotemporal relationships in science lessons: Building learning opportunities over time. *Science Education*, 107(6), 1435–1456. <https://doi.org/10.1002/sce.21808>
- Dagnino, R. (2010). *Tecnologia Social: Ferramenta para construir outra sociedade*. Komedí.

- Dagnino, R. (2014). *Tecnologia Social: Contribuições conceituais e metodológicas*. Insular.
- Dagnino, R., Brandão, F. C., & Novaes, H. T. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In A. De Paulo, C. J. Mello, L. P. do N. Filho, & T. Koracakis (Org.), *Tecnologia social: Uma estratégia para o desenvolvimento* (pp. 15–64). Fundação Banco do Brasil. https://fbb.org.br/wp-content/uploads/2025/01/Teconologia-Social-uma-Estrategia-para-o-Desenvolvimento_2004.pdf
- Duschl, R. (2003). Assessment of Inquiry. In J. M. Atkin & J. E. Coffey (Ed.), *Everyday assessment in the science classroom* (pp. 41–60). National Science Teachers Association Press.
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268–291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Dutra, G. E., Oliveira, E. C., & Pino, J. C. D. (2017). Alfabetização científica e tecnológica na formação do cidadão. *Revista Signos*, 38(2), 56–62. <https://doi.org/10.22410/issn.1983-0378.v38i2a2017.1375>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by Expanding: An activity-theoretical approach to development research*. Orienta-Konsultit.
- Fabri, F. (2020). Ensino de Ciências, alfabetização científica e tecnológica e enfoque ciência, tecnologia e sociedade: O que pensam docentes dos anos iniciais do ensino fundamental em exercício? *Revista Práxis*, 12(24), 37–64. <https://doi.org/10.47385/praxis.v12.n24.1277>
- Fernandes, G. (2025). Há uma crise na Alfabetização Científica e Tecnológica? Uma reflexão crítica sobre STEM e transformação social. *VESTIGARE: Revista de Pesquisas em Educação, Ciências e Tecnologias*, (1), 4–28. <https://doi.org/10.5380/vrpect.1.97827>
- Fernandes, G., Barbosa, G. M., Allain, L. R., & Santos, D. L. (2024). Unidades de ensino potencialmente significativas a uma situação de estudo: Avaliando o conhecimento científico de estudantes da educação básica a partir de uma tecnologia social. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(2), 231–259. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231>
- Fernandes, G., 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, 1–21. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240195>
- Fernandes, G., Allain, L. R., & Dias, I. R. (2022). *Metodologias e abordagens diferenciadas em Ensino de Ciências*. Livraria da Física.
- Fernandes, I. (2025). *A tecnologia social didática no Ensino de Ciências como mediação sociotécnica pedagógica para o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica escolar* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

- Fernandes, I., Santos, D. L., & Fernandes, G. (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, e53657–29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2025u129>
- Fourez, G. (1997). Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, 27(6), 903–936. <https://doi.org/10.1177/030631297027006003>
- Fourez, G. (2003). Crise no Ensino de Ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2), 109–123. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/542>
- Fourez, G. (2005). *Alfabetización cinetífica y tecnológica: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias* (con la colaboración de V. Englebert-Lecompte, D. Grootaers, P. Mathy, & F. Tilman) (3ª ed.). Colihue.
- Franco, L. G., & Munford, D. (2021). The Hourglass Approach: Analysing Science Classroom Discursive Interactions Through Intercontextual Lens. *Research in Science Education*, 51(1), 13–33. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09976-0>
- Fumeiro, C. L., Silveira, S. S. dos S., Martins, S. N., & Omena, V. J. M. (2019). Alfabetização científica e tecnológica como Princípio da formação do cidadão. *EDUCITEC — Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, 5(11), 150–162. <https://doi.org/10.31417/educitec.v5i11.741>
- ITS. (Brasil). (2004). *Caderno de debate: Tecnologia social: direito à ciência e ciência para a cidadania*. Instituto de Tecnologia Social. <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5172>
- Lau, M., & Sikorski, T.-R. (2018). Dimensions of Science Promoted in Museum Experiences for Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 29(7), 578–599. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1483688>
- Lawall, I. T. (2021). Olhares para além das ilhas interdisciplinares de racionalidade no uso da alfabetização científica e tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (pp. 96–110). Editora LF.
- Lemes, A. F. G., Magnani, L. H., Mendes, M. T., & Allain, L. R. (2023). Confluências na formação de educadores das áreas de Ciências da Natureza e Linguagens a partir da Tecnologia Social das tintas de terra. *Práxis Educativa*, 18, 1–20. <https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.18.21374.064>
- Lima, D. C. F. de. (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>

- Longino, H. E. (1990). *Science as Social Knowledge: Values and Objectivity in Scientific Inquiry*. Princeton University Press. <https://www.jstor.org/stable/j.ctvx5wbfz>
- Lorenzetti, L. (2021). A Alfabetização Científica e Tecnológica: Pressupostos, História e Compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. P. Alves Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (pp. 47–73). Livraria da Física.
- Milaré, T., & Richetti, G. P. (2021). História e compreensão da alfabetização científica e tecnológica. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (pp. 19–46). Editora LF.
- Milaré, T., Richetti, G. P., Lorenzetti, L., & Filho, J. de P. A. (2021). *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: Fundamentos e práticas* (1ª ed.). Livraria da Física.
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice: Agency and Emergence in the Sociology of Science*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/M/bo3642386.html>
- Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019 (2019). Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/pdf/resolucoes-do-cne/cp/2019/rcp002_19.pdf
- Richetti, G. P., & Milaré, T. (2021). O Óleo no Nordeste Brasileiro: Aspectos da (an) alfabetização Científica e Tecnológica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, e29065–29. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u11871215>
- Rios, D. M. da S., & Lima, J. R. O. (2016). A prática da extensão universitária como incentivadora da tecnologia social. *Revista Brasileira de Tecnologias Sociais*, 3(1), 93–100. <https://doi.org/10.14210/rbts.v3n1.p93-100>
- Rosa, C. T. W. da, & Amaral, L. C. Z. (2021). Formação cidadã no Ensino de Ciências: Diálogo com a ACT. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Org.), *Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas* (pp. 74–95). Editora LF.
- Santos, D. L., & Silva, F. C. (2025). As relações entre as dimensões da Alfabetização Científica e Tecnológica e a mobilização conjunta dos domínios do conhecimento científico. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 27, e60445. <https://doi.org/10.1590/1983-2117-60445>
- Sasseron, L. H. (2024). A argumentação como prática nas aulas de Ciências. In I. C. M. de Azevedo, & E. L. Piris (Org.), *Argumentação e Discurso na multidisciplinaridade* (pp. 327–350). Pontes Editores.

- Sasseron, L. H., Silva, F. C., & Nascimento, L. de A. (2025). Ciências da Natureza na BNCC: Uma análise com foco nos domínios do conhecimento científico. *Pro-Posições*, 36, e2025c0602BR. <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2024-0060BR>
- Sena, M. C. C., Nascimento, L. A., & Silva, F. C. (2025). Apoyo al hacer científico de estudiantes: Análisis de actividades químicas en un software educativo. *Educación Química*, 36(2), 51–67. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.88924>
- Silva, M. B. e, & 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, 1–20. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230129>
- Silva, F. C., Nascimento, L. A., Valois, R. S., & Sasseron, L. H. (2022). Ensino de ciências como prática social: Relações entre as normas sociais e os domínios do conhecimento. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 39–51. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p39>
- Silva, F. C., & Sasseron, L. H. (2025). Mobilization of Scientific Knowledge Domains to Build Epistemic Practices Among Pre-service Chemistry Teachers. *Science & Education*, 34, 3915–3958. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00607-y>
- Silveira, L. G. F., & Munford, D. (2020). Aprendizagem de ciências: Uma análise de interações discursivas e diferentes dimensões espaço-temporais no cotidiano da sala de aula. *Revista Brasileira de Educação*, 25, e250015. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782020250015>
- Sjöström, J. (2018). Science Teacher Identity and Eco-Transformation of Science Education: Comparing Western Modernism with Confucianism and Reflexive “Bildung”. *Cultural Studies of Science Education*, 13(1), 147–161. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9802-0>
- 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>
- Souza, A. C. A. A. de, & Pozzebon, M. (2020). Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: Proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. *Organizações & Sociedade*, 27, 231–254. <https://doi.org/10.1590/1984-9270934>
- Stroupe, D. (2014). Examining Classroom Science Practice Communities: How Teachers and Students Negotiate Epistemic Agency and Learn Science-as-Practice. *Science Education*, 98(3), 487–516. <https://doi.org/10.1002/sc.21112>
- Subramaniam, K. (2023). Pre-service Elementary Teachers’ Images of Scientific Practices: A Social, Epistemic, Conceptual, and Material Dimension Perspective. *Research in Science Education*, 53(3), 633–649. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10074-6>

Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2013). Literacia e pensamento crítico: Um referencial para a educação em ciências e em matemática. *Revista Brasileira de Educação*, 18, 163–188. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782013000100010>

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

van Uum, M. S. J., Peeters, M., & Verhoeff, R. P. (2021). Professionalising Primary School Teachers in Guiding Inquiry-Based Learning. *Research in Science Education*, 51(1), 81–108. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9818-z>

Vechiato, L., & Scarpa, D. L. (2024). O que conta como conhecimento sobre ensino de ciências por investigação? Construção de oportunidades de aprendizagem docente em um contexto de reforma curricular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 29(3), 287–323. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n3p287>

Vygotsky, L. S. (1978). *Pensamento e linguagem*. La Pleyade.

 **Danilo Lopes Santos**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
danilolopes.edu@gmail.com

 **Geraldo Wellington Rocha Fernandes**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Diamantina, Minas Gerais, Brasil
geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br

 **Fernando César Silva**

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
fcsquimico@ufmg.br

 **Editora Responsável:** Sylvania Sousa do Nascimento

Revisado por: Elita de Medeiros

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) 2026 Danilo Lopes Santos, Geraldo Wellington Rocha Fernandes, Fernando César Silva



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.
