

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,
MATEMÁTICA E TECNOLOGIA - PPGECMaT**

Iury Henrique Fernandes

**A TECNOLOGIA SOCIAL DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO
MEDIÇÃO SOCIOTÉCNICA PEDAGÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA ESCOLAR**

Diamantina

2025

Iury Henrique Fernandes

**A TECNOLOGIA SOCIAL DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO
MEDIÇÃO SOCIOTÉCNICA PEDAGÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA ESCOLAR**

Dissertação apresentada ao programa de Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia – PPGEcMaT da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Diamantina

2025

Catlogação na fonte - Sisbi/UFVJM

F363 Fernandes, Iury Henrique
2025 A Tecnologia Social Didática no Ensino de Ciências como Mediação Sociotécnica Pedagógica para o Desenvolvimento da Alfabetização Científica e Tecnológica Escolar [manuscrito] / Iury Henrique Fernandes. -- Diamantina, 2025. 157 p. : il.

Orientador: Prof. Geraldo Wellington Rocha Fernandes.

Dissertação (Mestrado Profissional em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia) -- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, Diamantina, 2025.

1. Alfabetização Científica e Tecnológica. 2. Tecnologia Social. 3. Tecnologia Social Didática. 4. Mediação Sociotécnica Pedagógica. 5. Teoria da Atividade. I. Fernandes, Geraldo Wellington Rocha. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-2886 e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM.

IURY HENRIQUE FERNANDES

**A TECNOLOGIA SOCIAL DIDÁTICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS COMO
MEDIÇÃO SOCIOTÉCNICA PEDAGÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA ESCOLAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia – PPGECCMaT da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Data de aprovação ____/____/____.

Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes (Orientador)
Departamento de Ciências Biológicas – DCBIO, Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Profa. Dra. Simoni Tormöhlen Gehlen
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz -
UESC

Prof. Dr. Fernando César Silva
Departamento de Métodos de Ensino e Técnicas, Universidade Federal de Minas Gerais –
UFMG

Profa. Dra. Luciana Resende Allain
Departamento de Ciências Biológicas – DCBIO, Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

Diamantina/2025

Dedico esta dissertação a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada, deixando nela um pouco de si e tornando o caminho mais leve e possível.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação só foi possível graças ao apoio, incentivo e compreensão de muitas pessoas, às quais expresso aqui minha sincera gratidão. Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por me conceder saúde, perseverança e fé durante toda esta caminhada. Foi Ele quem me sustentou nos momentos de dúvida, me deu coragem diante dos desafios, discernimento e iluminou cada passo deste percurso.

À minha família, meu porto seguro, aos meus pais, Débora e Isupério, exemplo de amor, trabalho e dedicação, agradeço por todo o apoio, paciência e confiança ao longo de toda a minha trajetória. Agradeço pelo amor incondicional, pelo incentivo e pela compreensão nos momentos de ausência. À minha irmã Daniele, que mesmo morando longe, agradeço por estar sempre presente, por todo apoio e por cada mensagem de carinho. Ao meu cunhado Rafael, agradeço pela amizade, compreensão e pelo incentivo constante.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes, expresso minha mais profunda gratidão e admiração. Mais do que um professor dedicado e competente, é alguém que possui um verdadeiro dom. Sua paciência, sabedoria, sensibilidade fizeram toda a diferença durante o desenvolvimento desta dissertação. Agradeço não apenas pelas valiosas contribuições acadêmicas, ter um orientador que é, acima de tudo, um grande amigo, é um privilégio imenso.

Aos meus amigos, André, Charles Hugo, Juliana, Jardel e Betânia, que estiveram ao meu lado nos momentos bons e difíceis, deixo minha mais profunda gratidão.

A todos os membros da Escola Municipal Professora Ana Célia de Oliveira Souza, em especial os estudantes, professores e gestores, deixo meu sincero agradecimento pela acolhida e pela disponibilidade em colaborar com esta pesquisa. Ao Professor Danilo Lópes Santos, por toda ajuda, colaboração e sugestões durante todo o processo de coleta de dados.

Aos membros da banca examinadora, expresso meus mais sinceros agradecimentos pela disponibilidade, pela atenção e pelas valiosas contribuições oferecidas à minha pesquisa.

Agradeço à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática e Tecnologia (PPGECMaT). Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação, meu muito obrigado.

RESUMO

Considerando os impactos e a influência da Ciência e da Tecnologia nos diferentes âmbitos da sociedade contemporânea, busca-se promover um ensino e uma aprendizagem contextualizados, em consonância com o cenário atual da sociedade. A presente pesquisa buscou responder à seguinte questão: *Como o estudo, desenvolvimento e aplicação das Tecnologias Sociais Didáticas (TSD), enquanto mediações sociotécnicas pedagógicas, no contexto do ensino de Ciências, podem contribuir para fomentar uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) que se caracterize como Transformação Social?* Para respondê-la, foi proposto o objetivo geral: *Analisar como estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental, de uma escola da rede municipal de um distrito de Diamantina em Minas Gerais, mobilizam as dimensões da ACT escolar, durante o estudo, desenvolvimento e apresentação de uma TSD fundamentada na abordagem CTS-Freire.* O primeiro capítulo apresenta um olhar para a caracterização da Alfabetização Científica (AC) e a Alfabetização Tecnológica (AT), de modo a delinear a ACT como um processo integrador das duas vertentes no contexto da Educação em Ciências. Ao longo desse capítulo foram analisadas diferentes categorias e dimensões propostas na literatura, culminando na proposição de um instrumento teórico-metodológico que subsidia a compreensão e a análise da ACT escolar em suas dimensões prática, cultural, cívica e com ênfase especial na dimensão de transformação social. O segundo capítulo discute o marco teórico analítico de Tecnologia Social (TS) e, a partir de diferentes proposições voltadas à educação básica, apresenta a TSD como uma Mediação Sociotécnica Pedagógica (MSTP) da TS para o contexto escolar. Buscando oferecer subsídios para futuros estudos que visem desenvolver as TS no contexto escolar, como TSD, delineararam-se três dimensões (social, pedagógica e epistêmica), bem como seus indicadores, que permitem caracterizar se o processo e/ou produto, estudado e desenvolvido no contexto escolar, de fato se caracteriza como uma TSD. Nessa dissertação, fundamentada na Teoria da Atividade, a TSD busca integrar conhecimentos científicos e tecnológicos às demandas sociais da comunidade escolar, visando à promoção da ACT como transformação social. O terceiro capítulo apresenta a proposta do Produto Educacional, baseada na TSD, representada pelo Aquecedor Solar de Baixo Custo, estruturado a partir de uma Sequência Didática (SD) fundamentada na abordagem CTS-Freire. O quarto capítulo detalha a metodologia da pesquisa. O quinto capítulo apresenta os resultados da dissertação, indicando que os estudantes mobilizaram, diferentes dimensões da ACT escolar. Percebe-se que ocorreu um movimento gradual da dimensão prática da ACT para a cívica e, posteriormente, para a transformação social, à medida que os estudantes desenvolvem a capacidade de relacionar os conhecimentos científicos e tecnológicos com o mundo natural, a sociedade e os desafios de natureza social, política e ambiental presentes em seu cotidiano, passando a vincular o uso da TSD a melhorias em sua comunidade, propondo e discutindo intervenções.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica; Tecnologia Social; Tecnologia Social Didática; Mediação Sociotécnica Pedagógica; Teoria da Atividade.

ABSTRACT

Considering the impacts and influence of science and technology in different areas of contemporary society, the aim is to promote contextualized teaching and learning, in line with the current social scenario. This research sought to answer the following question: How can the study, development, and application of Social Didactic Technologies (TSD), as socio-technical pedagogical mediations in the context of science education, contribute to fostering Scientific and Technological Literacy (STL) that is characterized as Social Transformation? To answer this question, the following general objective was proposed: To analyze how students in the final years of elementary school, from a municipal school in a district of Diamantina in Minas Gerais, mobilize the dimensions of school STL during the study, development, and presentation of an TSD based on the CTS-Freire approach. The first chapter presents an overview of Scientific Literacy (SL) and Technological Literacy (TL), in order to outline STL as a process that integrates the two strands in the context of Science Education. Throughout this chapter, different categories and dimensions proposed in the literature were analyzed, culminating in the proposal of a theoretical-methodological instrument that supports the understanding and analysis of school STL in its practical, cultural, and civic dimensions, with special emphasis on the dimension of social transformation. The second chapter discusses the analytical theoretical framework of Social Technology (TS) and, based on different proposals focused on basic education, presents TSD as a Sociotechnical Pedagogical Mediation (MSTP) of TS for the school context. Seeking to provide support for future studies aimed at developing TS in the school context, such as TSD, three dimensions (social, pedagogical, and epistemic) were outlined, as well as their indicators, which allow characterizing whether the process and/or product studied and developed in the school context is in fact characterized as TSD. In this dissertation, based on Activity Theory, TSD seeks to integrate scientific and technological knowledge with the social demands of the school community, aiming to promote ACT as social transformation. The third chapter presents the Educational Product proposal, based on TSD, represented by the Low-Cost Solar Heater, structured from a Didactic Sequence (SD) based on the CTS-Freire approach. The fourth chapter details the research methodology. The fifth chapter presents the results of the dissertation, indicating that students mobilized different dimensions of school STL. It is noticeable that there was a gradual movement from the practical dimension of STL to the civic dimension and, subsequently, to social transformation, as students developed the ability to relate scientific and technological knowledge to the natural world, society, and the social, political, and environmental challenges present in their daily lives, linking the use of TSD to improvements in their community, proposing and discussing interventions.

Keywords: Scientific and Technological Literacy; Argumentation; Epistemic Practices; Social Didactic Technology; Theory of Activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esferas das dimensões da ACT para atingir a ACT como transformação social.....	25
Figura 2. Esquema da AST e MSTP entre TC, TS e TSD	49
Figura 3. Estrutura de um sistema de atividade humana	61
Figura 4. Relação entre diferentes sujeitos com o objeto da atividade	65
Figura 5. Relação da “comunidade social” com diferentes grupos sociais	66
Figura 6. Modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT escolar como transformação social a partir de uma TSD	69
Figura 7. Relação entre a estrutura de um sistema de atividade humana com o modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT escolar a partir da MSTP de uma TSD	71
Figura 8. A realização do primeiro momento com os estudantes da educação básica	95
Figura 9. Folder de divulgação e convite para a socialização das TSD	104
Figura 10. A realização do terceiro momento com os estudantes da educação básica e a comunidade local.....	105
Figura 11. Estudantes realizando a montagem da TSD do ASBC	126
Figura 12. Apresentação da TSD do ASBC	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. As categorias de AC e AT propostas por Bochecho (2011)	23
Quadro 2. As dimensões para a ACT escolar.	24
Quadro 3. Aproximações entre as Visões da AC e as dimensões da ACT escolar	28
Quadro 4. Diferentes concepções para os termos TS e TCS.....	42
Quadro 5. Distinções e aproximações da TC, TS e TSD	46
Quadro 6. Indicadores da TSD.....	55
Quadro 7. Proposição do desenvolvimento de uma SD a partir de uma abordagem CTS-Freire e de uma TSD articulados à Teoria da Atividade e à ACT no contexto escolar	87
Quadro 8. Conteúdos e conceitos, organizados por componente curricular, abordados durante o estudo e desenvolvimento da TSD do ASBC	90
Quadro 9. Primeira etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire	91
Quadro 10. Segunda etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire	95
Quadro 11. Orientações para a confecção da TSD do ASBC na Educação Básica	97
Quadro 12. Questões elaboradas para a prova bimestral a partir da TSD.....	102
Quadro 13. Terceira etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire.....	103
Quadro 14. As TSD desenvolvidas nos anos finais do ensino fundamental	112

Quadro 15. Etapas de análise da SD na abordagem CTS-Freire.....	113
Quadro 16. Introdução de um problema social: As fontes energéticas e seus impactos socioambientais	116
Quadro 17. Discussão sobre impactos socioambientais da Usina de Belo Monte.....	119
Quadro 18. A discussão sobre problemas que afetam a comunidade	120
Quadro 19. Discussão de questões controversas: os impactos ambientais acarretados pelas usinas hidrelétricas	122
Quadro 20. Discussão de questões controversas: a necessidade de transição energética no cenário brasileiro	124
Quadro 21. A montagem da TSD na forma do ASBC.....	127
Quadro 22. Estudantes observando o funcionamento da TSD do ASBC	128
Quadro 23. A TSD do ASBC na transformação da realidade dos estudantes.....	129
Quadro 24. Avaliação somativa: argumentos sobre a estrutura e funcionamento do ASBC	130
Quadro 25. Avaliação somativa: O impacto da TSD no cotidiano dos estudantes.....	131
Quadro 26. Grupo focal: reflexões sobre a TSD em forma do ASBC	134
Quadro 27. O conceito de Tecnologia Social segundo o entendimento dos estudantes	135
Quadro 28. A apresentação e problematização do ASBC à comunidade local.....	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alfabetização Científica
ACT	Alfabetização Científica e Tecnológica
ASBC	Aquecedor Solar de Baixo Custo
AST	Adequação Sociotécnica
AT	Alfabetização Tecnológica
ATD	Análise Textual Discursiva
ATF	Abordagem Temática Freireana
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
ENCI	Ensino de Ciências por Investigação
ES	Economia Solidária
FBB	Fundação Banco do Brasil
GEPAMEC	Grupo de Estudos e Pesquisas em Abordagens e Metodologias em Ensino de Ciências
IIR	Ilha Interdisciplinar de Racionalidade
ITS	Instituto de Tecnologia Social
MSTP	Mediação Sociotécnica Pedagógica
PHC	Pedagogia Histórico-Crítica
PLACTS	Pensamento Latino-Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade
SD	Sequência Didática
SE	Situação de Estudo
TCS	Tecnociência Solidária
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TS	Tecnologia Social
TSD	Tecnologia Social Didática
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
Sobre o pesquisador e a motivação para o desenvolvimento da pesquisa.....	8
Sobre a temática da pesquisa	9
Sobre o problema e o objetivo geral e específicos que direcionam a pesquisa	11
Sobre a organização da dissertação	12
 CAPÍTULO 1. A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS, APROXIMAÇÕES E DIMENSÕES VOLTADAS A ANÁLISE DE SUA PROMOÇÃO NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	14
1.1 Introdução	14
1.2 A Alfabetização Científica e a Alfabetização Tecnológica: distinções e proposições no contexto da educação em Ciências	16
1.3 A Alfabetização Científica e Tecnológica no contexto da Educação em Ciências	19
1.4 Diferentes categorias e dimensões voltadas para a compreensão e análise da ACT no ensino de Ciências	22
1.5 Diferentes concepções para a dimensão de transformação social no ensino de Ciências	26
1.6 Considerações Finais	30
1.7 Referências Bibliográficas.....	31
 CAPÍTULO 2. EXPLORANDO AS DISTINÇÕES ENTRE TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS, TECNOLOGIAS SOCIAIS E AS TECNOLOGIAS SOCIAIS DIDÁTICAS.....	37
2.1 Introdução	37
2.2 Múltiplas facetas do conceito de Tecnologia: Distinções entre Tecnologia Convencional e Tecnologia Social	40
2.3 A Tecnologia Social para o contexto educacional: possibilidades e limites para a sua inserção	45
2.3.1 As Tecnologias Sociais no Contexto Educacional	45

2.3.2 A Articulação entre a Mediação Sociotécnica Pedagógica da TSD e a Adequação Sociotécnica da TS e da TCS	48
2.3.3 As Dimensões e Indicadores da TSD	50
2.4 A Tecnologia Social Didática e sua aproximação com diferentes proposições educacionais da Educação em Ciências.....	58
2.4.1 Aproximações de diferentes proposições educacionais com a TS	58
2.4.2 Aproximações entre a Tecnologia Social Didática e a Teoria da Atividade	60
2.5 A Tecnologia Social Didática como Ferramenta Simbólica e Material da Teoria da Atividade: um exemplo da Mediação Sociotécnica Pedagógica	69
2.6 Considerações Finais	72
2.7 Referências Bibliográficas.....	74
CAPÍTULO 3. A PROPOSIÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL BASEADO NA MEDIAÇÃO SOCIOTÉCNICA PEDAGÓGICA: A TECNOLOGIA SOCIAL DIDÁTICA À LUZ DA ABORDAGEM CTS-FREIRE	82
3.1 Introdução	82
3.2 Ferramentas mediadoras simbólicas: a intencionalidade docente e a abordagem CTS-Freire.....	84
3.3 O Objeto da Atividade: um problema social	88
3.4 Ferramentas mediadoras materiais: o produto final das Tecnologias Sociais Didáticas	89
3.4.1 O estudo e desenvolvimento da TSD na Educação Básica: o Aquecedor Solar de Baixo Custo	89
3.4.2 A proposição de uma Sequência Didática para caracterizar as ferramentas mediadoras: CTS-Freire e a TSD baseada no ASBC	91
3.5 Considerações Finais	105
3.6 Referências Bibliográficas.....	106
CAPÍTULO 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	110
4.1 Caracterização da Pesquisa	110
4.2 Caracterização do Cenário e Participantes Da Pesquisa.....	111
4.3 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados	112

4.4 Metodologia de Análises dos Dados	112
4.4.1 Etapas de Análise.....	113
4.5 Referências Bibliográficas.....	113
CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA.....	115
5.1 Primeira Etapa: Problematização e análise do objeto da atividade	115
5.1.1 Identificação de um problema social local (objeto/demanda).....	116
5.1.2 Discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/demanda).....	118
5.1.3 Discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social.....	122
5.2 Segunda etapa: Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico	126
5.2.1 Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido.....	126
5.2.2 Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local	130
5.3 Terceira Etapa: Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico	133
5.3.1 Retomada e aprofundamento do objeto inicial da atividade.....	133
5.3.2 Discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído	135
5.3.3 Socialização do artefato mediador pedagógico elaborado pelos estudantes à comunidade social	137
5.4 Algumas considerações sobre o que foi analisado	139
5.4.1 Dimensões da ACT Mobilizadas.....	139
5.4.2 Situações de Mobilização da dimensão de Transformação Social da ACT escolar ..	140
5.4.3 Relação entre a TSD do ASBC e as dimensões da ACT escolar	141
5.4.4 Definição de Tecnologia Social e TSD	141
5.5 Referências Bibliográficas	142

CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO.....	145
6.1 Referências Bibliográficas	148

APRESENTAÇÃO

Sobre o pesquisador e a motivação para o desenvolvimento da pesquisa

Esta dissertação tem raízes na minha trajetória como estudante de graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Desde o início da minha formação, desenvolvi uma forte afinidade pela Educação Científica, motivado pelo desejo de contribuir para o ensino de Ciências e Biologia. Essa motivação se consolidou por meio da minha participação como bolsista de Iniciação Científica (IC) no Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens Metodológicas no Ensino de Ciências (GEPAMEC), onde realizei uma pesquisa voltada à elaboração e aplicação de uma Situação de Estudo (SE), baseada no desenvolvimento de uma Tecnologia Social Didática (TSD), o Mini Biodigestor.

Dessa forma, minha IC resultou na produção de dois artigos, os quais constituem a base teórica e metodológica para o desenvolvimento desta dissertação. O primeiro artigo, intitulado *“Alfabetização Científica e Tecnológica como Transformação Social: uma reflexão para a sua promoção no ensino de Ciências a partir de uma tecnologia social”* (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), apresenta um estudo teórico que discute caminhos para promover a ACT escolar. Entre os pontos destacados, encontram-se: a inserção das Tecnologias Sociais (TS) como modelo social e didático; a intencionalidade pedagógica do professor na promoção da ACT escolar; e o uso da argumentação como Prática Epistêmica essencial para identificação da ACT como promotora de transformação social. O segundo artigo, intitulado *“Alfabetização Científica e Tecnológica Escolar como Transformação Social: uma análise a partir de uma Situação de Estudo apoiada por Tecnologia Social”* (Fernandes; Santos, Fernandes, 2025), apresenta uma investigação empírica com oito estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada em uma comunidade rural no município de Diamantina (MG). A partir da implementação de uma SE, analisou-se por meio da estrutura e qualidade da argumentação, como os estudantes mobilizaram as dimensões da ACT escolar ao desenvolverem e apresentarem uma TSD à comunidade escolar e local.

Nesta dissertação, o foco consiste em aprofundar esses aspectos teóricos e empíricos em uma escola localizada em uma comunidade que vivencia algumas vulnerabilidades socioambientais, como problemas relacionados ao saneamento básico, à gestão de resíduos, ao acesso à água potável e à preservação ambiental, as quais demandam uma postura crítica diante das condições em que está inserida, exigindo que os estudantes compreendam os diferentes

fenômenos que os afetam diretamente e sejam capazes de propor e implementar soluções adequadas ao seu contexto.

Sobre a temática da pesquisa

O desenvolvimento científico e tecnológico constitui-se como um processo constante e dinâmico, que exerce influência significativa em diversos aspectos da sociedade contemporânea, acarretando impactos em diferentes áreas, tais como a economia, comunicação, saúde, educação, meio ambiente, entre outras (Auler; Delizoicov, 2001). Embora a Ciência e a Tecnologia estejam cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, Leal e Gouvêa (2000) enfatizam que nem todos têm acesso à sua forma de organização e ao seu corpo de conhecimentos. Dessa forma, Auler e Delizoicov (2006, p. 2) destacam que:

A dinâmica social contemporânea está fortemente condicionada pelo desenvolvimento científico-tecnológico. Partindo do pressuposto de que a sociedade, como um todo, possui o direito de participar em definições que envolvem seu destino, considera-se fundamental a democratização de processos decisórios que envolvem temas vinculados à Ciência-Tecnologia (CT). (Auler; Delizoicov, 2006, p. 2)

Tomando como base tal perspectiva, Fernandes, Allain e Dias (2022) ressaltam que o desenvolvimento científico e tecnológico tem sido o ponto de partida para mudanças fundamentais nos estilos de vida da sociedade, impulsionando novas formas de abordar a Educação Científica, tanto no ensino fundamental, por meio da disciplina de Ciências, quanto no ensino médio, contemplando as disciplinas de Física, Química e Biologia.

Refletindo sobre a Ciência e a Tecnologia, Archanjo Júnior (2022) destaca que ambas são influenciadas por valores culturais, interesses econômicos e políticos. Considerando esses efeitos na sociedade contemporânea, diversos autores (Albagli, 1996; Leal; Gouvêa, 2000; Sasseron; Carvalho, 2011; Lima, 2016) defendem a adoção de estratégias que estimulem uma participação mais ativa, crítica e reflexiva por parte dos estudantes, como foco no desenvolvimento da ACT no contexto escolar (Fernandes, 2025). Nessa perspectiva, Lorenzetti (2023, p. 2) destaca que a ACT “[...] é considerada como um objetivo importante da Educação Científica, requerendo a sua promoção em diferentes contextos”. Nesse sentido, o ambiente escolar é considerado um dos espaços mais relevantes para a promoção de uma ACT, contribuindo, segundo Lorenzetti (2021), para o desenvolvimento da capacidade de identificar e relacionar conhecimentos científicos e tecnológicos com o mundo natural, com a sociedade e com questões cotidianas de diferentes naturezas que os perpassam, permitindo aos estudantes atuarem como um “[...] agente transformador na sociedade” (Lorenzetti, 2021, p. 54).

Nesta dissertação, adota-se a concepção de que a ACT, em contexto escolar, pode se constituir como um meio capaz de promover uma “transformação social” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), que, segundo Freire (1970), está associada a um processo de conscientização crítica dos sujeitos, permitindo-lhes compreender as raízes das injustiças sociais e agir para superá-las. Nesse sentido, Emediato (1978, p. 213) afirma que “a força de transformação assenta na consciência crítica das relações do homem com o mundo e os outros homens”. Ressalta-se ainda que, conforme apresenta Freire (1970), a consciência da realidade e a ação sobre ela caracterizam-se como dimensões indissociáveis do ato transformador.

Partindo desse pressuposto, na Educação Básica, a promoção de uma ACT que nasce e se desenvolve no contexto escolar, aqui denominada ACT escolar, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024), tende a ocorrer a partir da intencionalidade e do planejamento do professor, associados à adoção de diferentes abordagens, metodologias e perspectivas curriculares, que podem ser vinculadas ao estudo e desenvolvimento de TSD.

As TSD emergem a partir das TS (Dagnino, 2014, 2020) que, apesar de não serem voltadas à educação, têm sido objeto de diversos estudos de autores como Roso (2017), Lopes (2020), Archanjo Júnior e Gehlen (2021), Allain e Fernandes (2022), Archanjo Júnior (2024), Norões (2024), Gama e Allain (2025) entre outros, que evidenciam as significativas contribuições das TS na comunidade escolar. A TSD, nesse âmbito, pode apresentar contribuições educacionais e, a partir de estudos como Norões (2024), Fernandes *et al.* 2024, Gama e Allain (2025) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024), pode ser desenvolvida no ensino de Ciências como um processo de mediação sociotécnica (Valadão; Andrade; Neto, 2014), visando principalmente à promoção de uma ACT escolar como transformação social.

Com base no que foi exposto e visando compreender a ACT escolar sob uma perspectiva de transformação social, propõe-se a utilização de uma abordagem centrada na relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que no ensino de Ciências pode representar uma alternativa bastante significativa, principalmente quando fundamentada nos pressupostos teóricos da articulação CTS-Freire (Almeida; Gehlen, 2019).

Ao considerar a promoção de uma ACT no ambiente escolar, a abordagem CTS, na perspectiva freireana (Almeida; Gehlen, 2019) emerge como uma alternativa relevante e transformadora para o seu desenvolvimento. Isso porque, como salienta Strieder (2012), o desenvolvimento de propostas fundamentadas em uma educação CTS podem:

Proporcionar aos alunos meios para emitirem julgamentos conscientes sobre os problemas da sociedade; proporcionar uma perspectiva mais rica e mais realista sobre a história e a natureza da ciência; tornar a ciência mais acessível e mais atraente a

alunos de diferentes capacidades e sensibilidades, e preparar os jovens para o papel de cidadãos numa sociedade democrática. (Strieder, 2012, p. 16)

No contexto de um ensino de Ciências fundamentado na abordagem CTS-Freire, Pezarini e Maciel (2018) ressaltam o papel das questões CTS como recursos que favorecem e potencializam a argumentação, que nessa dissertação são compreendidas como uma estratégia que responde à necessidade de consolidar uma proposta educacional voltada à construção do conhecimento científico, com ênfase na promoção da ACT escolar, orientada à transformação social.

Sobre o problema e o objetivo geral e específicos que direcionam a pesquisa

Com base no que foi apresentado e dentro do contexto de promover a ACT numa perspectiva de Transformação Social, visando oferecer um ensino e uma aprendizagem contextualizados às diferentes realidades do ambiente educacional, em consonância com o cenário atual da sociedade científica e tecnológica, esta dissertação visa responder à seguinte questão: *Como o estudo, desenvolvimento e aplicação das TSD, enquanto mediações sociotécnicas pedagógicas, no contexto do ensino de Ciências, podem contribuir para fomentar uma ACT que se caracterize como Transformação Social?*

Para responder a esta questão de pesquisa, o presente estudo apresenta como objetivo geral: *Analisar como estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental, de uma escola da rede municipal de um distrito de Diamantina em Minas Gerais, mobilizam as dimensões da ACT escolar, durante o estudo, desenvolvimento e apresentação de uma TSD fundamentada na abordagem CTS-Freire.*

Buscando responder o problema de investigação e alcançar o objetivo geral, traçamos objetivos específicos que buscam ser concretizados em cada capítulo da dissertação, que estão relacionados com o objetivo geral da pesquisa como um todo:

1) Capítulo 1: Caracterizar as concepções de Alfabetização Científica (AC), Alfabetização Tecnológica (AT) e, de forma integrada, a ACT, evidenciando suas distinções, inter-relações, categorias e dimensões, com o objetivo de consolidar um referencial teórico que fundamente a compreensão da ACT voltada à transformação social, especialmente no contexto escolar.

2) Capítulo 2: Refletir teoricamente sobre as relações entre TS, TCS e TSD, analisando suas distinções, aproximações e implicações para o ensino de Ciências na Educação Básica.

3) Capítulo 3: Propor a elaboração e a aplicação de uma Mediação Sociotécnica Pedagógica, estruturada em uma Sequência Didática para o ensino de Ciências, fundamentada

na abordagem CTS-Freire, buscando, por meio do desenvolvimento de uma TSD, promover a ACT no contexto escolar, orientada à transformação social.

4) Capítulo 5: Compreender como a TSD desenvolvida por estudantes da educação básica contribuiu para o desenvolvimento e a mobilização das dimensões da ACT (prática, cívica e cultural), e, principalmente, para a dimensão de transformação social.

Nesta dissertação, foram desenvolvidos cinco capítulos que buscam caracterizar a ACT e a TS, especialmente em um contexto escolar. Para responder à questão da pesquisa e alcançar os objetivos apresentados, delineia-se uma proposta para o ensino de Ciências que, fundamentada na Teoria da Atividade (Engeström, 1987, 2002, 2016), integra a TSD e a abordagem CTS-Freire como ferramentas mediadoras, ou seja, em um processo de Mediação Sociotécnica Pedagógica (MSTP).

Sobre a organização da dissertação

Para o desenvolvimento desta dissertação, será adotada uma estrutura organizada em capítulos, que abordam diferentes aspectos do estudo. Embora cada capítulo trate de um tema específico, todos são inter-relacionados e contribuem, de forma articulada, para o desenvolvimento da pesquisa como um todo.

O **Capítulo 1** será dedicado ao desenvolvimento de um estudo teórico voltado à temática da ACT em um contexto escolar. Neste capítulo apresentam-se discussões que possibilitam compreender a ACT em uma perspectiva global, voltada à formação cidadã e, quando relacionada ao contexto escolar, evidencia-se seu potencial formativo, na medida em que a sua promoção em suas diferentes dimensões, em especial a de transformação social, está associada à intencionalidade docente a partir do desenvolvimento de diferentes propostas pedagógicas.

O **Capítulo 2** discute os conceitos de TS e Tecnociência Solidária (TCS) (Dagnino, 2014, 2020), relacionando-os ao ensino de Ciências, por meio da inserção das TSD. Ao longo da discussão deste capítulo, além de aprofundar, caracterizar, conceituar as TSD, é evidenciado a sua aproximação com diferentes referenciais teóricos e, por fim, delineia-se uma proposta fundamentada na Teoria da Atividade.

O **Capítulo 3** será dedicado à elaboração do Produto Educacional. Enquanto uma MSTP, pautada no escopo da Teoria da Atividade e tendo como base ferramentas materiais e simbólicas, este capítulo propõe o desenvolvimento de uma Sequência Didática para o ensino de Ciências, fundamentada na abordagem CTS-Freire e na TSD do Aquecedor Solar de Baixo Custo. O Produto Educacional em questão foi aplicado no contexto da Educação Básica, e os dados desta pesquisa são provenientes de sua aplicação.

No **Capítulo 4**, será apresentada a Metodologia desta dissertação, com a descrição detalhada de como a pesquisa será desenvolvida. Serão abordados a caracterização da pesquisa, o cenário investigado e o perfil dos participantes. Também serão descritos as técnicas e os instrumentos de coleta de dados, assim como a metodologia de análise dos dados coletados.

O **Capítulo 5** será dedicado à apresentação e análise dos resultados. Nele, os dados obtidos a partir da aplicação do Produto Educacional no contexto escolar serão examinados com o propósito de responder à pergunta de pesquisa e alcançar os objetivos propostos, buscando oferecer uma compreensão sobre o impacto da TSD na promoção da ACT escolar e sua efetiva contribuição para a Transformação Social.

Por fim, no **Capítulo 6**, o leitor encontrará as considerações finais, as implicações para essa dissertação e futuras contribuições para novos estudos.

CAPÍTULO 1. A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA: FUNDAMENTOS TEÓRICOS, APROXIMAÇÕES E DIMENSÕES VOLTADAS A ANÁLISE DE SUA PROMOÇÃO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Este capítulo tem como objetivo caracterizar as concepções de Alfabetização Científica (AC), Alfabetização Tecnológica (AT) e de forma integrada a ACT, evidenciando suas, distinções, inter-relações, categorias e dimensões, visando a consolidação um referencial teórico que fundamente a compreensão da ACT voltada à transformação social, em especial no contexto escolar. A partir dessa caracterização, busca-se, ainda que de modo inicial, apresentar as TSD como um meio de fomentar o desenvolvimento da ACT escolar como transformação social, na medida em que oferecem subsídios para o ensino e aprendizagem, de aspectos científicos, tecnológicos, sociais, políticos, éticos, ambientais, entre outros na Educação Básica.

1.1 Introdução

A Ciência e a Tecnologia são componentes fundamentais do desenvolvimento humano, desempenhando papéis essenciais na transformação da sociedade ao longo da história (Haje, 1998). Ao considerarmos a Ciência, Moura (2014, p. 34) a compreende como “[...] algo em constante transformação, sempre com o objetivo de compor modelos explicativos para os fenômenos do mundo natural”. Além disso, o autor salienta que:

A Ciência, de outra perspectiva, constrói modelos, explicações, conceitos a respeito do mundo natural que são embasados pelo arcabouço de saberes, metodologias, pressupostos epistemológicos, sociológicos e filosóficos da Ciência. Estas construções são, no fim, sempre provisórias, transformando-se ao longo do tempo e das sucessivas mudanças de contextos científicos, sociais, culturais etc. (Moura, 2014, p. 34)

Por outro lado, ao considerarmos os aspectos relacionados à Tecnologia, conforme Veraszto *et al.* (2009), ela pode ser compreendida como o estudo da técnica, que envolve o saber-fazer e a razão do fazer, indo além de uma simples aplicação de conhecimento científico. Segundo os autores, a Tecnologia refere-se à atividade de modificar, transformar e interagir com o meio, por meio da criação e do uso de ferramentas, técnicas e processos desenvolvidos pelo ser humano (Veraszto *et al.* 2009).

Com base na compreensão desses aspectos, Cajas (2001) ressalta que vivemos em uma sociedade cada vez mais dependente dos avanços científicos e tecnológicos. Segundo o autor, a Ciência e a Tecnologia deixaram de ser temas restritos ao meio acadêmico e passaram a integrar o conjunto de conhecimentos fundamentais exigidos do cidadão comum. Essa contínua evolução da Ciência e da Tecnologia tem promovido avanços significativos em diversas áreas,

como medicina, comunicação, transporte e produção de alimentos (Haje, 1998). Contudo, esses mesmos avanços também trouxeram à tona desafios complexos, incluindo dilemas éticos, impactos ambientais e desigualdades sociais (Auler, 2007). Essa perspectiva é reforçada por Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), que destacam a profunda influência da Ciência e da Tecnologia sobre a sociedade, afetando diretamente áreas como política, saúde, educação, economia e meio ambiente. Nesse sentido, Cajas (2001, p. 243, tradução do autor) argumenta que, diante desse cenário, torna-se necessário que a sociedade possua “[...] um conhecimento mínimo de ciência e tecnologia”.

Diante dessa realidade, marcada por benefícios, mas também por impactos negativos, emerge a necessidade de uma formação que priorize a promoção de uma ACT (Fernandes, 2025). Conforme salienta Lorenzetti (2023), a compreensão de aspectos relacionados à Ciência e à Tecnologia é necessária, visando que os indivíduos “[...] possam participar ativamente da sociedade, tomar decisões informadas e enfrentar os desafios globais contemporâneos” (Lorenzetti, 2023, p. 2). O termo é compreendido por Richetti e Niezwida (2023, p. 32) como o “[...] uso das habilidades e dos conhecimentos científicos e tecnológicos em um contexto social, de modo consciente e comprometido, subsidiando a tomada de decisões e o exercício da cidadania”.

Nesta perspectiva, Lorenzetti (2021) salienta que a ACT consiste em um dos eixos emergentes da pesquisa no cenário da Educação em Ciências no Brasil. Para o autor, a ACT é apontada como uma “[...] meta da aprendizagem e um objetivo do ensino, na medida em que se almeja ampliar os conhecimentos sobre Ciência e Tecnologia, concomitante a uma formação cidadã” (Lorenzetti, 2021, p. 47).

Partindo dos aspectos previamente discutidos, Lorenzetti e Delizoicov (2001) destacam que a ACT pode ser promovida em diferentes contextos, desde o ambiente formal da Educação Básica, até espaços não formais de aprendizagem presentes nos mais diversos setores da sociedade. Nessa mesma linha, Lorenzetti (2023, p. 3) ressalta que “a ACT no âmbito do Ensino de Ciências na Educação Básica é amplamente defendida na literatura”, evidenciando ainda suas articulações com a Educação CTS (Milaré; Richetti; Silva, 2020) e CTS-Freire (Auler, 2003; Mello; Guazzelli, 2011; 2012), com as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR) (Paiva *et al.*, 2024; Kuchla, 2023), Questões Sociocientíficas (QSC) (Almeida; Sales; Nunes, 2022; Farias; Firme, 2021) perspectivas curriculares como Situações de Estudo (SE) (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025), entre outras possibilidades.

Diante da perspectiva apresentada, e tomando como referência a promoção e a identificação da ACT no contexto escolar, este capítulo tem como objetivo *caracterizar as*

concepções de Alfabetização Científica (AC), Alfabetização Tecnológica (AT) e, de forma integrada, a ACT, evidenciando suas distinções, inter-relações, categorias e dimensões, com o objetivo de consolidar um referencial teórico que fundamente a compreensão da ACT voltada à transformação social, especialmente no contexto escolar.

A contribuição deste estudo para a área de Educação em Ciências fundamenta-se, principalmente, na caracterização da ACT no contexto escolar. Sua relevância justifica-se, sobretudo, pela atual e crescente influência de aspectos científicos e tecnológicos, que impactam diversos setores da sociedade contemporânea, como, por exemplo, os meios sociais, políticos, ambientais, entre outros, exercendo influência tanto no cotidiano quanto no contexto escolar. Dessa forma, este capítulo busca contribuir para o avanço das discussões teóricas no campo da Educação em Ciências e, ao propor um construto teórico para avaliar as dimensões da ACT escolar mobilizadas em aulas de Ciências da Natureza, pretende subsidiar práticas pedagógicas que favoreçam a formação de sujeitos capazes de compreender, avaliar e intervir, de modo crítico, responsável e socialmente engajado, nas inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

1.2 A Alfabetização Científica e a Alfabetização Tecnológica: distinções e proposições no contexto da educação em Ciências

Ao analisarem a literatura contemporânea, Sasseron e Carvalho (2011) apontam que uma variedade de termos tem sido utilizada para tratar da temática, entre os quais se destacam “Alfabetização Científica”, “Letramento Científico” e “Enculturação Científica”. Essa diversidade de definições decorre das dificuldades e implicações envolvidas na tradução de expressões estrangeiras para o português, o que contribui para a existência de múltiplas expressões com sentidos semelhantes. Além disso, autores como Fourez (1997) adotam o termo *Scientific and Technological Literacy*, comumente traduzido e utilizado na produção acadêmica brasileira como “Alfabetização Científica e Tecnológica”.

Nesse contexto, ao se considerar aspectos relacionados às pesquisas e estudos que abordam a ACT, autores como Richetti e Niezwida (2023) chamam a atenção para a problemática da escassez de uma produção mais significativa e de um olhar mais abrangente sobre as contribuições da Alfabetização Científica (AC), deixando, consequentemente, a dimensão tecnológica da Alfabetização Tecnológica (AT) em segundo plano.

É importante destacar que, como salientam Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021), há uma concepção de que Ciência e Tecnologia constituem duas áreas da atividade humana estreitamente relacionadas e fortemente interdependentes. No entanto, os autores observam que,

embora exista uma visão sistêmica de conexão entre ambas, Ciência e Tecnologia possuem naturezas distintas, pois atendem a propósitos sociais diferentes.

Quando se trata da **dimensão teórica da AC**, autores como Sasseron e Carvalho (2011) afirmam que ela deve estimular nos indivíduos a capacidade de estruturar seu raciocínio de forma lógica, além de contribuir para o desenvolvimento de uma concepção mais crítica sobre o mundo ao seu redor. Segundo Chassot (2003), a AC vai além da simples memorização de fórmulas ou conceitos, ela envolve o desenvolvimento da capacidade de interpretar e explicar o mundo natural, ou seja, a AC possibilita “[...] que alunos e alunas, ao entenderem a ciência, possam compreender melhor as manifestações do universo” (Chassot, 2003, p. 91). Desse modo, ser alfabetizado cientificamente, para Chassot (2003), significa ser capaz de interpretar e utilizar o conhecimento científico para compreender e interagir com o mundo de forma crítica. Nesse sentido, Fernandes (2025, p. 7) complementa essa concepção ao caracterizar a AC como a “[...] capacidade de aplicar o conhecimento científico na vida quotidiana, tomar decisões informadas sobre questões sociocientíficas e participar de debates públicos sobre ciência e tecnologia”.

A AC no ensino de Ciências, segundo Aguiar, Cunha e Lorenzetti (2022), ocorre quando os estudantes conseguem relacionar os conhecimentos teóricos com suas experiências e vivências cotidianas, atribuindo significado ao que aprendem e refletindo sobre como podem utilizar esse conhecimento para transformar o ambiente em que vivem. No âmbito educacional, Sasseron e Carvalho (2011, p. 75) compreendem que a AC pode ser fomentada a partir de três eixos estruturantes: a “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais”; a “compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática”; e o “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente” (Sasseron; Carvalho, 2011, p. 76). De forma semelhante, Miller (1983), Magalhães (2015) e Nascimento, Pacheco e Castro (2024) salientam que a AC pode ser caracterizada a partir do entendimento de três dimensões, sendo elas: “o conhecimento de termos e conceitos científicos chave”, a “compreensão das normas e métodos da ciência (natureza da ciência)” e o “entendimento e clareza sobre o impacto da tecnologia e da ciência sobre a sociedade” (Nascimento; Pacheco; Castro, 2024, p. 65).

Partindo desse entendimento, Fernandes (2025, p. 7) destaca que estudos em Educação Científica que tratam da AC “[...] como meta de aprendizagem e/ou objetivo de ensino frequentemente a conectam à tecnologia ou à educação tecnológica”, porém ressalta-se que, embora a AC esteja relacionada à ACT, não são conceitos idênticos, sendo, portanto, considerada como “um conceito relacionado e/ou complementar, mas não equivalente à ACT”

(Fernandes, 2025, p. 7). Embora a Ciência e Tecnologia compartilhem vários pressupostos e se influenciem mutuamente, Milaré e Richetti (2021) explicam que elas são distintas em seus métodos, objetivos, resultados e produtos. A Tecnologia e a Ciência têm suas próprias bases e formas de atuação, o que faz com que a AC e a AT sejam áreas inter-relacionadas, mas com características próprias.

Dessa forma, ao buscar compreender a **dimensão teórica da AT**, Milaré e Richetti (2021, p. 30) salientam que ela “[...] compreende muitos significados, estreitamente relacionados à concepção de Tecnologia e de sua relação com a Ciência e à compreensão das ações necessárias frente a elas”. As autoras destacam duas concepções predominantes associadas ao termo: a relacional, que, segundo Lima-Filho e Queluz (2005, p. 19), caracteriza a Tecnologia como “construção, aplicação e apropriação de práticas, saberes e conhecimentos”, enquanto a concepção instrumental entende a “tecnologia como técnica, isto é, como aplicação prática de saberes e conhecimentos” (Lima-Filho; Queluz, 2005, p. 19).

De acordo com Milaré e Richetti (2021), a AT, sob a ótica instrumental, é caracterizada como um processo voltado à capacitação das pessoas para o uso de técnicas e instrumentos, possibilitando a aplicação prática desses conhecimentos no cotidiano e na sociedade. Em contraste, a concepção relacional de Tecnologia está ligada “[...] ao conceito de *práxis*, agregando teoria e prática e articulando ação-reflexão-ação. A Tecnologia é vista como uma extensão das possibilidades humanas”. Por sua vez, seu desenvolvimento é compreendido, segundo Lima-Filho e Queluz (2005, p. 24), como um “processo histórico de apropriação contínua de saberes, conhecimentos e práticas pelo ser social”.

Tendo como base as diferentes concepções de tecnologia, Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021) apresentam que, além da concepção instrumental, destacam-se as concepções cognitiva, de valores e sistêmica (relação entre componentes: científico-tecnológico, histórico-cultural, organizativo-social, verbal-iconográfico e técnico-metodológico). Na concepção cognitiva, Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021, p. 115) indicam que a tecnologia se caracteriza “[...] como resultado da aplicação de conhecimentos teóricos”. A concepção de valores refere-se à maneira como o indivíduo percebe a tecnologia, ou seja, é “caracterizada por opiniões baseadas em um ponto de vista pessoal e/ou em um juízo de valor em relação à tecnologia” (Fernandes; Rodrigues; Ferreira, 2021, p. 115). Já a concepção sistêmica da tecnologia apresenta uma perspectiva mais ampla e complexa. Existem questões relacionadas a contextos sociais, culturais, econômicos, políticos e outros. A compreensão sistêmica é:

Caracterizada como um sistema complexo e estruturado de componentes: instrumentos, habilidades, processos de produção e controle, questões organizativas,

recursos legais, recursos naturais, aspectos científicos, repercussões sociais, meio-ambiente etc. (Fernandes; Rodrigues; Ferreira, 2021, p.115)

Dessa forma, com base nos estudos de Milaré e Richetti (2021), percebe-se que propostas de AT reduzidas à instrumentalização pouco contribuem para uma formação voltada à “[...] tomada de decisões de forma comprometida e fundada, além de fragilizar os sistemas democráticos” (Milaré; Richetti, 2021, p. 32). Complementando essa concepção, Fernandes (2025) enfatiza que a AT deve ir além do caráter instrumental, associado ao uso de ferramentas e máquinas, “[...] abrangendo a compreensão dos processos de planejamento e produção, a análise dos impactos sociais e éticos das tecnologias, bem como a capacidade de avaliá-las criticamente e empregá-las de forma responsável”.

Partindo desses aspectos previamente apresentados, Cajas (2001) destaca que a AT complementa o ideal da AC e possibilita uma melhor formação, visando enfrentar os desafios emergentes da sociedade contemporânea. Nesse sentido, Milaré e Richetti (2021) salientam que a AT complementa, se relaciona e enriquece a AC, emergindo assim a utilização do termo ACT.

1.3 A Alfabetização Científica e Tecnológica no contexto da Educação em Ciências

No cenário atual, é evidente a necessidade de que a população seja alfabetizada científica e tecnologicamente, uma vez que, segundo Auler e Delizoicov (2001, p. 123), vivemos “[...] numa dinâmica social crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental”, pois ganham cada vez mais espaço em nossas vidas (Pádua, 2015).

Nesse contexto, Fernandes (2025) destaca que a utilização do termo ACT emergiu a partir da segunda metade do século XX, com a crescente interdependência entre a Ciência e a Tecnologia, bem como de seus impactos e influências na sociedade em diferentes âmbitos. A ACT constitui-se como um conceito complexo, apresentando diferentes significados e formas de interpretação (Sasseron; Carvalho, 2011; Richetti; Niezwida, 2023; Milaré *et al.*, 2021; Laugksch, 2000).

Segundo Fernandes (2025), atualmente, os estudos sobre a ACT se apresentam de duas formas complementares: a **ACT global**, voltada ao público em geral, ao cidadão e à formação cidadã, e a **ACT escolar**, que é desenvolvida no contexto escolar “[...] direcionada à educação formal e relacionada a aspectos como reforma curricular, formação de professores e produção de materiais didáticos” (Fernandes 2025, p. 6) e à educação não formal, como, por exemplo,

Feiras de Ciências, cuja promoção da ACT envolve processos teóricos e pedagógicos da educação e participação de diferentes sujeitos com a comunidade escolar.

Com um olhar para a **ACT global**, autores como Auler e Delizoicov (2001) destacam que ela possui múltiplos objetivos, entre eles, fomentar a participação social em questões envolvendo Ciência e Tecnologia, além de estimular uma postura crítica frente à dinâmica atual do desenvolvimento científico e tecnológico.

Partindo deste pressuposto, Fumeiro *et al.* (2019, p. 150) destacam que a “ACT proporciona ao ser humano fazer uma leitura atual do meio em que está inserido, para que, ao compreendê-lo, proponha mudanças”. Essa concepção corrobora o entendimento de Marchesan e Kuhn (2016) e Lorenzetti (2023), que compreendem a ACT como um processo contínuo que visa à formação de cidadãos críticos, capazes de tomar decisões fundamentadas, propor soluções e compreender tanto os benefícios quanto os riscos associados aos avanços da Ciência e da Tecnologia.

Nos últimos anos, a necessidade de que a população seja alfabetizada científica e tecnologicamente tem se tornado crescente, sendo considerada, entre outros aspectos, como “[...] uma forma de romper com o negacionismo científico e tecnológico e com a desinformação, impulsionadas pelas *fake news*, movimentos antivacinas, terraplanismo, dentre outros” (Lorenzetti, 2023, p. 2). Neste contexto, Fourez (1997) compreende a ACT como um processo de empoderamento que visa capacitar as pessoas a agirem, comunicar e tomar decisões de forma autônoma e crítica em um mundo cada vez mais influenciado pela Ciência e Tecnologia. Desta forma, Fourez (1997) destaca que a ACT proporciona ao indivíduo:

[...] (a possibilidade de negociar decisões sem dependência indevida em relação aos outros, enquanto confrontadas com pressões naturais ou sociais); uma certa capacidade de comunicação (encontrar maneiras de transmitir sua mensagem); e algumas maneiras práticas de lidar com situações específicas e negociar resultados. (Fourez, 1997, p. 906, tradução do autor)

De forma mais ampla, conforme enfatizado por Milaré, Richetti e Silva (2020, p. 2), “embora a Alfabetização Científica e Tecnológica não seja um processo finito e restrito às instituições escolares, sua promoção deve ser parte de uma educação geral e um dos principais objetivos do ensino de ciências”. Para este contexto, Oliveira, (2019, p. 14) considera que a **ACT no contexto escolar** “[...] é um processo contínuo de ensino que contribui para potencializar uma educação mais comprometida com a sociedade e com tudo que nela acontece”.

Nesse contexto, é fundamental buscar alternativas que promovam uma aprendizagem dos conteúdos científicos a partir de conexões com as questões presentes no cotidiano dos estudantes. É nesta perspectiva que, Paixão, Batista e Cruz (2019), afirmam que:

[...] torna-se indispensável que as escolas formem discentes alfabetizados em Ciência e Tecnologia (C&T), na perspectiva de que possam vir a compreender e participar ativamente das decisões sobre problemas que afligem a sociedade moderna. (Paixão; Batista; Cruz, 2019, p. 352)

De forma complementar, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) compreendem que, para a promoção de uma **ACT escolar**, faz-se necessária uma atuação docente voltada à capacitação dos estudantes, de modo que estes possam compreender e participar conscientemente de atividades relacionadas a questões de caráter político, social, econômico, entre outras, além de se apropriarem de conhecimentos científicos e tecnológicos, possibilitando, assim, que atuem na transformação da realidade em que estão inseridos.

Estudos como os de Allain e Fernandes (2022), Fernandes, Allain e Dias (2022) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025) defendem o papel do professor na utilização de diferentes práticas pedagógicas, as quais podem se constituir em possibilidades para fomentar o desenvolvimento da ACT no contexto escolar. Nessa perspectiva, para que a ACT seja efetivamente promovida no contexto escolar, é fundamental que o docente atue com intencionalidade pedagógica, ou seja, que planeje e conduza suas ações de forma consciente e reflexiva (Pastoriza, 2022), apoiando-se no uso de diversas abordagens metodológicas e perspectivas de ensino e curriculares, tais como “[...] organização do conteúdo (Três Momentos Pedagógicos - 3MP, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS etc.); reorganização do currículo (Situação de Estudo - SE e Abordagem Temática Freireana - ATF); abordagens críticas de ensino (Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS, Questões Sociocientíficas - QSC, Pedagogia Histórico Crítica - PHC) e de investigação (ENCI, Estudo de Casos, Ilha Interdisciplinar de Racionalidade - IIR de Fourez)” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 16). Complementando essa perspectiva, de forma semelhante, Lorenzetti (2021) salienta que a promoção da ACT no contexto escolar está relacionada à utilização de “[...] distintas metodologias de ensino, em especial ao uso de Sequências Didáticas, organizadas com base nos três momentos pedagógicos, no ensino por investigação, pela pedagogia histórico-crítica, entre outras” (Lorenzetti, 2021, p. 66).

1.4 Diferentes categorias e dimensões voltadas para a compreensão e análise da ACT no ensino de Ciências

Na literatura contemporânea, há diversos estudos sobre categorias, indicadores e/ou níveis da AC. Por exemplo, Shen (1975) propôs as categorias de AC prática, cívica e cultural. Bybee (1995), por sua vez, apresentou os níveis de AC, classificando-os em nominal, funcional, conceitual, processual e multidimensional. Já Sasseron (2008), contribuiu para essa área com a apresentação dos indicadores de AC, que, segundo Lorenzetti (2021, p. 62), são os mais recorrentes na literatura em educação em Ciências no Brasil. Os indicadores propostos por Sasseron (2008) incluem: seriação de informações, organização e classificação de informações, raciocínio lógico e proporcional, levantamento e teste de hipóteses, justificativa, revisão e explicação. Dessa forma, de acordo com Sasseron e Carvalho (2008), esses indicadores de AC têm a função:

[...] de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele. (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 338)

Com um olhar não só para a análise das categorias e níveis da AC, mas almejando analisar a ACT no contexto escolar, destacam-se as contribuições de autores como Boheco (2011), Lorenzetti (2021) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024). Esses pesquisadores propõem uma abordagem em que “[...] a Alfabetização Científica e Tecnológica possa ser efetivamente incorporada às ações dos professores da Educação Básica” (Lorenzetti, 2021, p. 67), uma vez que se configura como um meio essencial para a melhoria da qualidade do ensino de Ciências, pois proporciona aos estudantes as ferramentas necessárias para compreender e analisar criticamente o mundo ao seu redor (Lorenzetti, 2021), conectando o conhecimento científico às suas realidades sociais e culturais (Fourez, 1997).

É nessa perspectiva que Milaré e Richetti (2021) retomam a concepção apresentada por Shen (1975), que propõe três indicadores distintos de AC, numa perspectiva global. Segundo as autoras, a categoria de AC prática “visa à aquisição de conhecimentos científicos e técnicos para orientar as pessoas na realização de atividades diárias” (Milaré; Richetti, 2021, p. 26). A categoria de AC cívica, por sua vez, tem como objetivo possibilitar a participação ativa dos indivíduos em questões e temas de natureza científica presentes na sociedade (Milaré; Richetti, 2021). Por fim, a categoria de AC cultural “visa difundir a Ciência como parte da cultura

humana. Nesse contexto, os aspectos históricos e epistemológicos da Ciência devem ser considerados” (Milaré; Richetti, 2021, p. 26).

Partindo desse contexto, Lorenzetti (2021), com base nas categorias propostas por Shen (1975), destaca os estudos de Boheco (2011), que apresentam as dimensões da AC, e propõe um olhar também para a AT. Boheco (2011) ressalta que a AC deve promover a integração da Ciência e da Sociedade, sendo categorizada em quatro níveis: (1) AC Prática; (2) AC Cívica; (3) AC Cultural; e (4) AC Profissional ou Econômica. Já a AT envolve a integração da Tecnologia com a Sociedade, sendo classificada em três níveis: (1) AT Prática; (2) AT Cívica; e (3) AT Cultural. Ainda nessa perspectiva, Boheco (2011) salienta que as sete categorias apresentadas no Quadro 1 devem ser trabalhadas no contexto da Educação em Ciências com o objetivo de promover o desenvolvimento da ACT nos estudantes.

Quadro 1. As categorias de AC e AT propostas por Boheco (2011)

Categoria	Descrição
Alfabetização Científica Prática	Compreende os fenômenos naturais, processos e funcionamentos de artefatos tecnológicos do cotidiano, mediante a utilização de conhecimentos científicos e elementos da linguagem científica.
Alfabetização Científica Cívica	Estimula o indivíduo a lidar com decisões relacionadas com a contextualização social dos conhecimentos científicos e aspectos sociocientíficos.
Alfabetização Científica Cultural	Compreende contextos históricos e sociais do conhecimento científico. Oportunizar a discussão filosófica e sociológica da natureza da ciência e da ciência em si.
Alfabetização Científica Profissional ou Econômica	Compreende conceitos e elementos da linguagem científica específica e complexa. Não necessariamente que tem aplicação prática no cotidiano, mas está interligada a determinadas áreas profissionais ou ao setor produtivo. Estimular o interesse profissional no estudante.
Alfabetização Tecnológica Prática	Oportunizar ao estudante a compreensão e conhecimentos tecnológicos imersos em aparatos tecnológicos comuns no cotidiano.
Alfabetização Tecnológica Cívica	Promover a discussão acerca da sociotecnologia e contextualizar socialmente a atividade tecnológica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à ética, à crença no progresso, à tendência estética, entre outros.
Alfabetização Tecnológica Cultural	Discutir a respeito da natureza da tecnologia e suas implicações com relação à ciência e à sociedade. Discutir a concepção de tecnologia.

Fonte: adaptado de Boheco (2011) *apud* Lorenzetti (2021, p. 59).

Com base na proposta do Quadro 1, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) apresentam um quadro teórico (Quadro 2) para a ACT escolar, que contempla as dimensões Prática, Cultural, Cívica e de Transformação Social, reorganizando as categorias anteriormente sugeridas por Boheco (2011), referentes à AC e à AT. Segundo os autores, essa nova proposição tem como objetivo:

[...] avançar com as dimensões da ACT, em contraposição às categorias ou abordagens da AC ou AT, quando são analisadas separadamente. Essa proposta se opõe à ideia de que as discussões dos estudantes refletem apenas a AC ou AT, sem reconhecer a presença da ACT. (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6)

Quadro 2. As dimensões para a ACT escolar.

Dimensões para ACT (escolar)	Caracterização para o contexto de sala de aula
Prática	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.
Cultural	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.
Cívica	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 sobre a atividade tecnológica e científica, frente à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros.
Transformação Social	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 tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada.

Fonte: Adaptado de Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6).

Considerando os aspectos necessários para a promoção da ACT, Lorenzetti (2021) destaca que a dimensão prática é o ponto de partida para o desenvolvimento das outras dimensões da ACT. Nesse sentido, para Fernandes, Fernandes e Santos (2024), a dimensão prática da ACT no contexto escolar (ACT escolar) é compreendida como a capacidade dos estudantes de explorar e entender fenômenos naturais, processos e tecnologias do dia a dia por meio do conhecimento científico e tecnológico. No contexto da sala de aula, isso se manifesta quando os alunos aplicam conceitos científicos para interpretar e solucionar problemas reais presentes no seu cotidiano, utilizando a linguagem científica para comunicar suas ideias e raciocínios. Quanto à dimensão cultural da ACT, Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6) salientam que ela envolve entender a Ciência e a Tecnologia como resultados de um processo histórico e social, “[...] mostrando aos estudantes que a ACT pode ser aproximada da cultura humana, evitando a visão de que a ciência se constitui como uma verdade única e acabada e que a tecnologia é somente o produto da ciência”. Acerca da dimensão cívica da ACT, Bochecho (2011) *apud* Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6) destacam que:

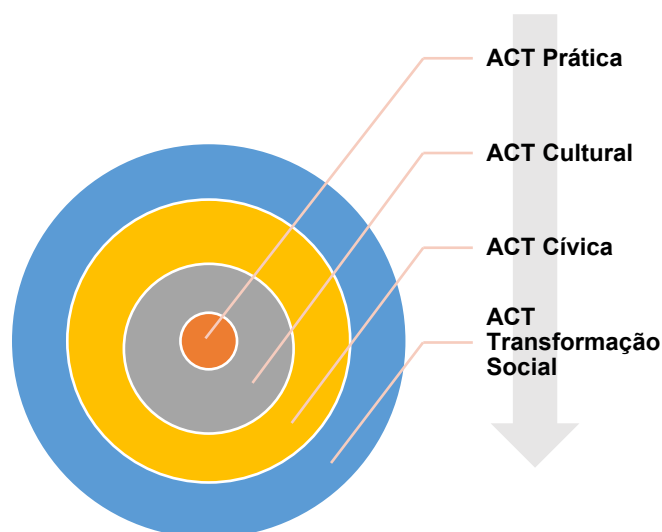
[...] a dimensão cívica da ciência e tecnologia pode ser desenvolvida em sala de aula, apoiando-se na dimensão prática, desde que os estudantes sejam estimulados a lidar com decisões que requerem negociações e deliberações, e a desenvolver responsabilidade social. (Bochecho, 2011 *apud* Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6)

Por fim, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) apresentam, com base no Quadro 2, a dimensão da ACT enquanto “Transformação Social”. Destaca-se que, segundo os autores, essa dimensão: “[...] tem a capacidade de engajar os estudantes em questões sociais, políticas e éticas relacionadas à ciência e tecnologia” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6). Nessa perspectiva, a dimensão Transformação Social estaria relacionada a um processo de mudança significativa nas estruturas, valores, práticas e relações dentro de uma sociedade. Conforme apresentado por Fernandes, Fernandes e Santos (2024):

[...] a dimensão transformação social da ACT, no contexto da sala de aula, está relacionada à capacidade dos estudantes, enquanto atores sociais, de compreender e participar conscientemente de atividades sociais, políticas e econômicas, além de se apropriarem de conhecimentos científicos e tecnológicos (a partir da ACT Prática, Cultural e Cívica), de modo que possam transformar sua realidade. (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 7)

A dimensão da ACT como Transformação Social, segundo Santos (2009) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024), pode constituir como um meio para envolver os estudantes em debates sobre questões de natureza social, política e ética ligadas à Ciência e à Tecnologia, com potencial para despertar a consciência dos alunos sobre os impactos da ciência na sociedade e incentivá-los a participar ativamente em discussões e ações sociopolíticas (Santos, 2009). Para que essa dimensão seja alcançada no contexto escolar, ela se relaciona, indiretamente, com as outras dimensões da ACT, a dimensão prática, que envolve a compreensão de conceitos, leis e teorias científicas e tecnológicas; a dimensão cultural, que busca situá-los dentro de seus contextos históricos e sociais; e a dimensão cívica, que trata da contextualização social desses conhecimentos (Figura 1).

Figura 1. Esferas das dimensões da ACT para atingir a ACT como transformação social



Fonte: Adaptado de Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 7).

A promoção da dimensão da Transformação Social da ACT, no ambiente escolar, está relacionada, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024), à capacidade dos estudantes de se apropriarem de conhecimentos científicos e tecnológicos por meio das dimensões prática, cultural e cívica da ACT, permitindo-lhes transformar sua realidade (Figura 1). Esse processo envolve que o estudante, por meio da reflexão crítica, do diálogo e da problematização da realidade, possa compreender os impactos da Ciência e da Tecnologia em diferentes contextos de sua vida cotidiana, tornando-se um cidadão crítico e consciente diante dos desafios científicos, tecnológicos e sociais da atualidade.

1.5 Diferentes concepções para a dimensão de transformação social no ensino de Ciências

Em seus estudos, quando se considera o processo de alfabetização, Freire (2011) salienta que se busca desenvolver nos alfabetizandos “[...] a consciência de seus direitos e sua inserção crítica na realidade” (Freire, 2011, p. 17). Além disso, ao estabelecer aproximações com o conceito de transformação social, Freire (2013) destaca que esse processo possibilita aos sujeitos oprimidos, ao tomarem consciência de sua condição histórica, reconhecerem-se como capazes de intervir no mundo, à medida que passam a compreender a realidade de opressão em que estão inseridos. A alfabetização, nos estudos de Freire (1987, 1992), é compreendida como um caminho para a “leitura do mundo”, ou seja, o aprender a ler e a escrever deve estar articulado à capacidade de interpretar criticamente a realidade social em que o sujeito vive, em uma relação dialética entre a leitura da palavra e a leitura do mundo (Auler, 2003).

Diferentemente, Fourez (1997) compreende alfabetização como um processo de empoderamento, com objetivos humanísticos e socioeconômicos, cujo propósito é permitir que as pessoas possam agir dentro de uma sociedade tecnocientífica. Em uma perspectiva de ACT, Fourez (1997, p. 906, tradução do autor) destaca que as pessoas são consideradas alfabetizadas em ciência e tecnologia “quando seu conhecimento lhes dá uma certa autonomia [...], uma certa capacidade de comunicação [...] e algumas maneiras práticas de lidar com situações específicas e negociar resultados”.

Quando se considera a perspectiva de uma AC ou ACT como transformação social, existem, na literatura, diversos estudos voltados para o contexto educacional. Esses estudos, muitas vezes, são pautados na perspectiva de educação transformadora de Freire. Por exemplo, Santos (2009), ao analisar a AC e indiretamente a ACT, explora a relação entre a visão radical e a humanística, que, para além da apropriação de conhecimentos científicos e tecnológicos, busca promover o engajamento dos estudantes em questões sociais, políticas e éticas relacionadas à Ciência e à Tecnologia. Por sua vez, Auler (2003), com um olhar para a ACT,

explora uma articulação entre os pressupostos freireanos e a abordagem CTS. Segundo o autor, a ACT deve possibilitar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, marcado pela forte presença da Ciência e da Tecnologia, e potencializar uma ação transformadora da realidade (Auler, 2003). Em estudos anteriores, Auler e Delizoicov (2001) problematizam a necessidade de se distanciar de visões reducionistas da ACT e, nesse sentido, defendem a adoção de uma perspectiva ampliada, na qual os conceitos científicos sejam trabalhados em diálogo com questões sociais, políticas, éticas, entre outras.

Partindo dessa perspectiva, no contexto da Educação em Ciências, existem diversos estudos que enfatizam a AC e propõem um olhar acerca de três visões distintas. A **Visão I da AC**, considerada internalista (Sjöström, 2024), segundo Nardez, Oliveira e Sessa (2024, p. 272), apresenta um olhar “[...] focando na memorização de conceitos e leis científicas, mas é limitada na capacidade de engajar os alunos de forma crítica e reflexiva”. A **Visão II da AC**, considerada externalista, “trata da aplicação contextual do conhecimento científico na vida e na sociedade” (Sjöström, 2024, p. 240). Essa segunda visão é compreendida por Fernandes (2025, p. 5) como uma perspectiva global de “ciência para todos”. Em estudos de Valladares (2021), Sjöström e Eilks (2018) e de Sjöström (2024), a **Visão III da AC** emerge como uma alternativa crítica às demais visões, na medida em que “defende a importância da participação ativa em debates em torno da ciência e o engajamento em questões sociocientíficas, comprometido com valores como equidade e justiça social” (Silva; Sasseron, 2021, p. 5).

Dessa forma, atualmente, na literatura acadêmica nacional e internacional, encontram-se diferentes estudos (Valladares, 2021; Silva; Sasseron, 2021; Sjöström; Eilks, 2018; Sjöström, 2024) que convergem em direção à **Visão III da AC**, a qual apresenta uma concepção de Ciência e Tecnologia voltada para a dimensão da transformação social. Por exemplo, Valladares (2021) salienta que, diante dos desafios globais e contemporâneos enfrentados pela humanidade, que englobam diferentes questões, como crises sociais, políticas e ambientais, vivencia-se, paralelamente, um momento de grande avanço tecnocientífico. Contudo, esse mesmo progresso, por vezes, acaba excluindo grande parte da população mundial do acesso aos benefícios do desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia. É nessa perspectiva que Valladares (2021) destaca a necessidade de uma alfabetização comprometida com a transformação social, considerando que a sociedade contemporânea seja marcada por um contexto de “Volatilidade, Incerteza, Complexidade e Ambiguidade – VUCA” (Valladares, 2021, p. 559, tradução do autor), nos âmbitos social, político, econômico e ambiental. Para tanto, a autora defende que essa alfabetização voltada à justiça social, inserida como uma transformação social, se refere:

[...] à mudança social e à ruptura das distintas estruturas de opressão (baseadas em racismo, sexismo, classismo); significa a transformação do conjunto histórico, ideológico e institucional de políticas, práticas, tradições, normas e discursos que, baseados em preconceito, discriminação e poder diferencial, trabalham para explorar e excluir sistematicamente diferentes grupos sociais (minorizados, dominados) em benefício de outros grupos sociais (dominantes). (Valladares, 2021, p. 559, tradução do autor)

Essa visão de AC, proposta por Valladares (2021), emerge em consonância com diferentes aspectos da sociedade contemporânea, pois transformar as relações humanas e, conseqüentemente, enfrentar os sistemas de injustiça, as desigualdades econômicas, culturais e sociais, bem como os desafios ambientais exige mais do que simplesmente contextualizar a ciência e analisar seus riscos e impactos. É necessário “[...] uma orientação diferente da educação científica e um conjunto de habilidades que promovam maior ativismo social e agência individual e coletiva” (Valladares, 2021, p. 565, tradução do autor). Além disso, a autora critica as práticas de ensino pautadas apenas na leitura e escrita de textos, defendendo uma alfabetização capaz de enfrentar a complexidade do mundo contemporâneo e de promover:

[...] uma distribuição mais equitativa dos benefícios da ciência para construir mais resiliência global, projetando novos relacionamentos sociais antiopressivos e mais solidários e sustentáveis, não apenas entre os seres humanos, mas também entre eles e o meio ambiente. (Valladares, 2021 p. 565, tradução do autor)

No contexto da Educação Básica, em particular no ensino de Ciências da Natureza, existe uma concepção de ACT presente em estudos como os de Fernandes, Fernandes e Santos (2024), Fernandes, Santos e Fernandes (2025) e Fernandes (2025), que buscam, de forma integrada, delinear uma compreensão da ACT no contexto escolar como transformação social. Segundo os autores, sua proposta busca “compreender a ACT escolar, e não somente a AC, como transformação social, cujos grupos e sujeitos constitutivos são atores sociais” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 5).

Nessa perspectiva, Fernandes (2025) salienta que há aproximações entre as dimensões da ACT escolar (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024) e as diferentes visões de AC (Quadro 3), situando a dimensão de transformação social e destacando aproximações à Visão III, discutida anteriormente.

Quadro 3. Aproximações entre as Visões da AC e as dimensões da ACT escolar

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 os fenômenos naturais, os processos e o 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 reflexões e discussões filosóficas e sociológicas sobre a natureza da ciência e da tecnologia.
	Visão IIB: ACT Cívica	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 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 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 tecnologia presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada.

Fonte: Adaptado de Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p.6) *apud* Fernandes (2025, p. 18).

Segundo Fernandes (2025), a dimensão prática se aproxima da **Visão I** da AC, visto que, de acordo com Sjöström e Eilks (2018), ela se volta para a aprendizagem de conteúdos e processos científicos, ou seja, “priorizando o conhecimento disciplinar e as competências científicas” (Fernandes, 2025, p. 11).

A **Visão II**, segundo Sjöström e Eilks (2018) e Fernandes (2025), é a mais próxima das dimensões cívica e cultural. Dessa forma, Sjöström e Eilks (2018, p. 66, tradução do autor) salientam que essas dimensões são voltadas “para a compreensão da utilidade do conhecimento científico na vida e na sociedade, iniciando a aprendizagem científica a partir de contextos significativos”. De acordo com Fernandes (2025), essas dimensões da ACT também se aproximam da concepção de formação cidadã defendida por Fourez (1997; 2005). Além disso, ao considerar essa aproximação entre as dimensões cívica e cultural da ACT escolar e a **Visão II** de AC que, de acordo com Valladares (2021, p. 564, tradução do autor), amplia o escopo da Visão I ao salientar que “(...) a ciência não é apenas um conteúdo isolado, mas também envolve um contexto de conotações culturais (valores, crenças, emoções) relacionadas tanto à vida social e individual dos alunos quanto às dimensões histórica, filosófica e sociocultural da ciência”.

Em estudos como os de Sjöström e Eilks (2018), Valladares (2021) e Sjöström (2024), com um olhar direcionado para a AC, bem como Fernandes, Fernandes e Santos (2024), Fernandes, Santos e Fernandes (2025) e Fernandes (2025), com enfoque na ACT escolar, enfatiza-se a **Visão III**, relacionada à dimensão de transformação social. No contexto escolar, Fernandes (2025, p. 12) destaca que as dimensões prática (Visão I), cultural e cívica (Visão II) constituem a base para o desenvolvimento da dimensão de transformação social (Visão III), pois podem emergir em diferentes momentos da prática educativa, “antes, após ou simultaneamente com as dimensões prática, cívica e cultural da ACT” (Fernandes, 2025, p. 19).

Assim, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) se pautam em Fourez (1997), Santos (2009) e Freire (1987), articulados às contribuições de Silva e Sasseron (2021), Valladares (2021) e Archanjo Junior e Gehlen (2020, 2021) para conceber a ACT como transformação social, no contexto escolar “voltada para um sujeito/estudante, como ator social, [...] alfabetizado científica e tecnologicamente, capaz de compreender e participar conscientemente de atividades sociais, políticas e econômicas, possibilitando a transformação de sua realidade” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 5).

Por fim, Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6) compreendem que a promoção de uma ACT como transformação social no contexto escolar “[...] só será possível a partir da intencionalidade do professor ao planejar atividades com perspectivas transformadoras”. Nesse sentido, Fernandes, Santos e Fernandes (2025) apontam que uma das possibilidades de alcançar esse objetivo seria a partir do desenvolvimento de TSD, uma vez que, por meio de seu estudo e desenvolvimento, além de contemplar conceitos e conteúdos científicos e tecnológicos, ela possibilita capacitar os estudantes, de forma crítica, a compreender e a lidar com questões de natureza social, política, ética e ambiental presentes em sua vida cotidiana.

1.6 Considerações Finais

A partir das discussões apresentadas ao longo deste estudo, evidencia-se a importância da ACT na formação de cidadãos críticos e preparados para enfrentar as demandas da sociedade contemporânea (Auler; Delizoicov, 2001).

A Ciência e Tecnologia exercem um papel central, influenciando tanto o cotidiano das pessoas quanto grandes transformações sociais, econômicas, éticas, políticas, ambientais e entre outras. Diante dessa inter-relação e de seus impactos, torna-se essencial uma educação que vá além da mera transmissão de conteúdos (Oliveira, 2022). Nesse contexto, a ACT emerge como um conceito fundamental para fomentar a formação de indivíduos conscientes e capazes de compreender, avaliar e interagir com questões e influências de natureza científica e tecnológica.

Dessa forma, ao longo deste capítulo, buscou-se compreender tanto a AC quanto a AT e, a partir dessa caracterização, a ACT emerge como uma abordagem integradora, capaz de articular aspectos da dimensão de AC e da dimensão de AT. Com base em diferentes referenciais teóricos (Shen, 1975; Sasseron, 2008; Boheco, 2011; Lorenzetti, 2021), apresentou-se a primeira proposição desta dissertação (Quadro 2 e Quadro 3), de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes (2025), voltada à análise da ACT no contexto escolar em suas dimensões prática, cultural, cívica e de transformação social.

Além disso, chama-se a atenção para a dimensão da transformação social. As reflexões apresentadas ao longo deste capítulo evidenciam referenciais pautados em perspectivas freireanas, que se aproximam tanto da AC quanto da ACT. Destaca-se, ainda, o olhar para a ACT na perspectiva de Fourez (1987) e, nesse contexto, da dimensão de transformação social a partir da Visão III da AC, defendida por autores como Valladares (2021), Silva e Sasseron (2021), Sjöström e Eilks (2018) e Sjöström (2024). Esses estudos ressaltam a relevância de uma alfabetização voltada à transformação social, como resposta aos desafios sociais, políticos, ambientais e culturais contemporâneos.

De forma convergente, ao se destacar a ACT em um contexto pedagógico (ACT escolar), emerge como um conceito fundamental para fomentar a formação de indivíduos conscientes e capazes de compreender, avaliar e interagir com questões e influências de natureza científica e tecnológica. Nesse sentido, no contexto do ensino de Ciências, com base nas proposições de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e de Fernandes, Santos e Fernandes (2025), o próximo capítulo buscará aprofundar o olhar sobre as TSD, entendidas nesta dissertação como um caminho possível para a promoção de uma ACT como transformação social, à medida em que seu estudo e desenvolvimento no contexto escolar emerge como possibilidade para o engajamento e a discussão de questões sociais, políticas e éticas, possibilitando a conscientização dos estudantes sobre as implicações e aplicações mais amplas da Ciência e da Tecnologia na sociedade.

1.7 Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C. F. S.; CUNHA, J. M.; LORENZETTI, L. Ensino de Química na perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. **Educação Química em Ponto de Vista**, v. 6, 27 dez. 2022.
- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para cidadania. **Ciência da informação**, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.
- ALMEIDA, D. P.; SALES, E. C. N. S.; NUNES, A. O. Questões sociocientíficas: um caminho possível para a promoção da alfabetização científica e tecnológica. **Educação e Linguagem**, 2022.
- ARCHANJO JUNIOR, M. G. **Tecnologia Social no contexto de uma comunidade escolar: limites e possibilidades para a Educação em Ciências**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2019.

ARCHANJO JUNIOR, M. G. de; GEHLEN, S. T. A Tecnologia Social e sua Contribuição para a Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p. 345-374, 2020.

ARCHANJO JUNIOR, M. G.; GEHLEN, S. T. A tecnologia social na programação de um currículo crítico-transformador na educação em ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, p. e24929, 2021.

ARCHANJO JUNIOR, M. G.; TORMOHLEN, S. A tecnologia social no contexto da educação socioambiental crítica: uma ação educativa societária. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED (Bogotá)**, n. 51, p. 317-335, 2022.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo "paradigma"? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 5, n. 01, p. 68-83, 2003.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 02, p. 122-134, 2001.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & ensino**, v. 1, n. esp, p. 1-20, 2007.

BOCHECO, O. **Parâmetros para a abordagem de evento no Enfoque CTS**. 2011. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018.

BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy. **The science teacher**, v. 62, n. 7, p. 28-33, 1995.

CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 243-254, v. 19, n. 2, 2001.

CALVÃO, A. L.; GAMA, B. S. Conhecendo algumas tecnologias sociais da Permacultura. In: ALLAIN, L. R., FERNANDES, G. W. R., (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 2, p. 49-76.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, v. 22, n. 21, p. 89-100, 2003.

EMEDIATO, C. A. Educação e transformação social. **Análise social**, v. 14, n. 54, p. 207-217, 1978.

FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R.; DIAS, I. R. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

FERNANDES, G. W. R. 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**, n. 1, p. 4-28, 26 abr. 2025.

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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)**, v. 26, e53183, p. 1-21, 2024.

FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. 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**, v. 25, e53657-29, p. 1-29, 2025.

FERNANDES, G. W. R., RODRIGUES, A. M., FERREIRA, C. A. R. Aproximando o ensino de Ciências por Investigação com as TICE. *In*: FERNANDES, G. W. R., RODRIGUES, A. M., FERREIRA, C. A. R. (Org). **Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2021. Cap. 1, p. 17-56.

FERNANDES, G. W. R., RODRIGUES, A. M., FERREIRA, C. A. R. Reflexões sobre o papel do Cientista e a Natureza da Ciência e da Tecnologia. *In*: FERNANDES, G. W. R., RODRIGUES, A. M., FERREIRA, C. A. R. (Org). **Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2021. Cap. 3, p. 95-140.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

FUMEIRO, C. L.; SILVEIRA, S. S. S.; MARTINS, S. N.; SILVA, V. J. M. O. Alfabetização científica e tecnológica como princípio da formação do cidadão. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 11, 2019.

FREIRE, P. **Ação Cultural para a Liberdade e Outros Escritos**. 14. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011. 182 p.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013. 204 p.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. São Paulo: Paz & Terra, 1987.

GAMA, B. S.; GUEDES, B. G. A.; ALLAIN, L. R.; GOULART, M. F.; CALVÃO, A. L. Permacultura e Tecnologias Sociais: bases conceituais. *In*: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 1, p. 29-48.

GUEDES, B. G. A.; NASCIMENTO, G. A. S.; SANTOS, J. L. C.; BARROSO, J. D.; SILVA, I. R. M.; Situação de Estudo baseada no Aquecedor Solar de Baixo Custo. *In*: ALLAIN, L. R., FERNANDES, G. W. R., (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 6, p. 125- 140.

HAGE, E. J. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. **Polímeros**, v. 8, n. 02, p. 6-9, 1998.

LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: A conceptual overview. **Science education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LEAL, M. C.; GOUVÊA, G. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 2, n. 01, p. 05-33, 2000.

LIMA, A. M. D. L. **A Alfabetização Científica de Estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas e sua Influência na Produção de Materiais Didáticos**. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

LIMA FILHO, D. L.; QUELUZ, G. L. A tecnologia e a educação tecnológica: elementos para uma sistematização conceitual. **Educação & Tecnologia**, v. 10, n. 1, 2005.

LOPES, T. G. R. **Desenvolvimento e manejo de tecnologias sociais de base agroecológica na promoção do saneamento rural em Ituberá, Bahia**. 2020. 239 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

LORENZETTI, L. A Alfabetização Científica e Tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na Educação em Ciências. In: MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; L. LORENZETTI, L.; ALVES FILHO, J. P. (Orgs.), **Alfabetização Científica e Tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021. Cap. 2. p. 47–73.

LORENZETTI, Leonir. Promovendo a alfabetização científica e tecnológica no contexto escolar. **Educação por escrito**, v. 14, n. e45045, p. 1-14, 2023.

MAGALHÃES, A. **Alfabetização Científica no Ensino de Ciências: do saber cotidiano ao saber científico por meio da estratégia de experimentação investigativa**. 2015. 144f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Estadual de Roraima. Boa Vista, 2015.

MELLO, G. N. Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re) visão radical. **Revista iberoamericana de Educación**, v. 25, p. 147-174, 2001.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P. História e Compreensões da Alfabetização Científica e Tecnológica. In: MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; LORENZETTI, L.; ALVES FILHO, J. P. (Org.). **Alfabetização científica e tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021. Cap. 1. p. 19-47.

MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; SILVA, L. A. R. Solução Mineral Milagrosa: um tema para o Ensino de Química na perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 26, e20005, p. 1-11, 2020.

MILLER, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência?. **Revista Brasileira de História da ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NARDEZ, M. H.; OLIVEIRA, A. P. J.; SESSA, P. S. Alfabetização Científica na Formação de Professores de Ciências: Conceitos e suas Implicações para a Transformação Social. **Revista Científica de Educação a Distância**, v. 16, n. 29, p. 270-286, 2024.

OLIVEIRA, A. C. D. **Alfabetização Científica e Tecnológica Na Formação Inicial de Professores de Química**. 2019. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.

PÁDUA, J. A. Vivendo no Antropoceno: incertezas, riscos e oportunidades. In: OLIVEIRA, L. A (org.). **Museu do Amanhã**. Rio de Janeiro: Edições de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/387496145/artigo-vivendo-no-antropoceno-incertezas>. Acesso em: 7 jan. 2025.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. O ensino de ciências pautado nos vieses CTS e das questões sociocientíficas para a construção da argumentação: um olhar para as pesquisas no contexto brasileiro. **Revista de ensino de ciências e matemática**, v. 9, n. 5, p. 169-188, 2018.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71-84, 2007.

RICHETTI, G. P.; MILARÉ, T. O óleo no nordeste brasileiro: aspectos da (an) alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 21, e29065, p.1–29, 2021.

RICHETTI, G. P.; NIEZWIDA, N. R. A. Alfabetização Científica e Tecnológica e a caixa preta da dimensão Tecnológica. In FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R. (Org.), **Proposições Epistemológicas, Curriculares e Metodológicas de Grupos de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências: Caminhos para a educação básica e o ensino superior**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023. Cap. 1, p. 25-40.

RODRIGUES, D. A.; LORENZETTI, L.; SELLES, S. E. Enfrentamento ao Negacionismo Científico e a promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica nos currículos estaduais de Ciências do Nordeste brasileiro. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, 2025.

SANTOS, K. A.; ALLAIN, L. R.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. Aproximações das Práticas de Permacultura com a Interdisciplinaridade, Metodologias Ativas e Alfabetização Científica. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 4, p. 101-114.

SANTOS, W. L. P. D. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v. 93, n. 2, p. 361–382, 2009.

SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. 281 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, p. 97-114, 2011.

SIEMSEN, G. H.; LORENZETTI, L. O ensino de astronomia em uma abordagem interdisciplinar no ensino médio: Potencialidades para a promoção da alfabetização científica e tecnológica. In: PEREIRA, P. B.; SOUZA, F. D. S.; ZANLORENZI, M. A.; LORENZETTI, L. (Org.), **VIII Workshop do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática**. Curitiba: Caderno de Resumos, 2019. Cap. 1. p. 10-13.

SJÖSTRÖM, J. Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasizing the ethico-socio-political and relational-existential. **Studies in Science Education**, [s.l.], p.1-36, 2024.

SJÖSTRÖM, J.; EILKS, I. Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. In: DORI, Y. J.; MEVARECH, Z. R.; BAKER, D.

R. (org.). **Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education Learning, Teaching and Assessment**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 65-88.

SHEN, B. Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. **American scientist**, v. 63, n. 3, p. 265-268, 1975.

SILVA, M. B. E.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e Domínios do Conhecimento Científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a Transformação Social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, e34674, p. 1–20, 2021.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. 2012. 283f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 557–587, 2021.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma. com**, n. 8, p. 19-46, 2009.

CAPÍTULO 2. EXPLORANDO AS DISTINÇÕES ENTRE TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS, TECNOLOGIAS SOCIAIS E AS TECNOLOGIAS SOCIAIS DIDÁTICAS

Este capítulo tem como objetivo refletir teoricamente sobre as relações entre Tecnologias Sociais (TS), Tecnociência Solidária (TCS) e Tecnologia Social Didática (TSD), examinando criticamente as suas distinções e discutindo suas implicações para o ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica, quando inseridas com intencionalidade pedagógica. O capítulo propõe reflexões teóricas acerca das potencialidades e limitações das TSD no contexto escolar, compreendidas como processos de Mediação Sociotécnica Pedagógica, fundamentadas em diferentes referenciais críticos e exemplificadas a partir da Teoria da Atividade. Além disso, busca analisar como as TSD podem ser integradas a abordagens curriculares contextualizadas e contribuir para a promoção de uma ACT voltada à transformação social.

2.1 Introdução

O desenvolvimento científico e tecnológico, desde seus primórdios até os dias atuais, segundo Harari (2024), permitiu, por exemplo, avanços na medicina, agricultura, transporte, comunicação, armamentos, inteligência artificial, entre outros, gerando tanto benefícios quanto consequências negativas, tornando necessária uma compreensão e um olhar crítico e reflexivo (Albagli, 1996, Leal; Gouvêa, 2000, Lima, 2016) para a Ciência, Tecnologia e para a inter-relação da ACT (Lorenzetti, 2023) diante de aspectos que de alguma forma impactam e influenciam o nosso cotidiano.

Considerando a Natureza da Tecnologia (NdT) da ACT, Hage (1998) e Veraszto *et al.* (2009) destacam em seus estudos que, historicamente a Tecnologia tem concepções multifacetadas, entendida, por vezes, como um conjunto de conhecimentos, processos, métodos, ferramentas e/ou técnicas, desenvolvidos pelo ser humano para solucionar os problemas de sua época e cultura, atender às suas necessidades e transformar o mundo ao seu redor (Silveira; Bazzo, 2006; Szczepanik, 2020). Ao buscar compreender aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NdC) da ACT, Perez (2021) e Moura (2014) entendem a Ciência como um processo dinâmico e em constante transformação, voltado à construção de explicações sobre os fenômenos do mundo natural. Complementando esse entendimento, Dionysio *et al.* (2020) salientam que, a Ciência deve ser compreendida como uma construção social, fruto da ação humana, estando, portanto, sujeita a múltiplas influências, interesses e controvérsias.

Tendo como base os aspectos previamente discutidos a respeito da Ciência e da Tecnologia, Veraszto *et al.* (2009) enfatizam a dificuldade em distinguir claramente os conceitos relacionados à NdC e à NdT e suas inter-relações na ACT. De acordo com Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018), a Ciência tem como objetivo a geração de conhecimento confiável sobre o funcionamento dos sistemas, enquanto a Tecnologia busca criar soluções para os desafios enfrentados pela sociedade, desenvolvendo procedimentos ou produtos que atendam às necessidades humanas. Essa distinção é importante para compreendermos as abordagens contemporâneas da tecnologia, especialmente nos contextos sociais e educacionais, que constituem o foco do desenvolvimento deste capítulo.

Segundo Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018), o termo ‘tecnologia’ é amplamente utilizado, embora nem sempre seja compreendido em toda a sua complexidade, principalmente no contexto escolar e na formação de professores. De acordo com os autores, o termo abrange múltiplas definições, que refletem distintas concepções, implicações e formas de interpretação. A tecnologia está profundamente enraizada no cotidiano contemporâneo, moldando desde as formas de comunicação e trabalho até as práticas culturais e sociais, sendo compreendida como algo não neutro, ou seja, influenciado por valores, interesses e disputas sociais e políticas (Feenberg, 2002).

Nesse sentido, ao considerarmos tais aspectos no âmbito do ensino de Ciências, Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2021) chamam a atenção para uma concepção estereotipada e empobrecida da NdT, a qual estaria associada exclusivamente à melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento de artefatos modernos, como computadores, celulares e outros dispositivos, desconsiderando tanto produtos tecnológicos mais antigos quanto os impactos e influências de diferentes naturezas que a tecnologia exerce. Ou seja, trata-se de uma compreensão desprovida, segundo Dionysio *et al.* (2020), de uma reflexão crítica sobre a NdT, seus processos de desenvolvimento e seus impactos sociais, culturais, ambientais e éticos sobre a sociedade contemporânea.

Diante dessa perspectiva, a compreensão sobre a NdT também se desdobra em uma importante discussão entre Tecnologias Convencionais (TC) (Dagnino 2006), Tecnologias Sociais (TS) (Dagnino 2010, 2014) e Tecnociência Solidária (TCS) (Dagnino, 2020). Nesse contexto, Dagnino (2006, 2010, 2014) parte de uma perspectiva crítica em relação às TC e propõe as TS como uma abordagem alternativa ao modelo dominante. Em estudos posteriores, Dagnino (2020) apresenta a proposta da Tecnociência Solidária (TCS). Suas proposições, tanto sobre as TS (Dagnino, 2010, 2014) quanto sobre a TCS (Dagnino, 2020), expressam uma concepção de tecnologia contrária à lógica hegemônica das TC. Desse modo, Dagnino (2014,

2020) defende o desenvolvimento de uma tecnologia adequada às condições socioeconômicas e ambientais locais, construída de forma coletiva pelas comunidades e empreendimento autogestionários, ou seja, segundo Archanjo Junior e Gehlen (2021, p. 3) a TS “preconiza o desenvolvimento da tecnologia a partir do local, que leva em consideração as necessidades, os objetivos e os interesses de grupos que estão à margem da sociedade, propiciando a sua transformação”.

Embora as proposições de Dagnino (2010, 2014) sobre as TS e a TCS (Dagnino, 2020) sejam amplamente reconhecidas no campo das políticas públicas e da organização social, elas não se voltam especificamente ao contexto escolar. Como a compreensão das TS nesse contexto ainda não está plenamente delineada no seu marco analítico conceitual (Dagnino, 2014, 2020), Roso e Auler (2016), Archanjo Júnior e Gehlen (2021) e Allain e Fernandes (2022) propõem reflexões iniciais sobre a inserção das TS no âmbito educacional. Atualmente, na literatura acadêmica, estudos que delineiam propostas para o ambiente escolar emergem como um campo promissor na Educação Científica brasileira (Fernandes; Allain, 2021; Archanjo Júnior; Gehlen, 2020, 2021; Allain; Fernandes, 2022; Norões, 2024; Archanjo Júnior, 2024; Gama; Allain, 2025).

Desse modo, o olhar inicial proposto nesses estudos é o de que, ao desenvolver TS em contextos educacionais, seja possível fomentar o envolvimento de diferentes atores sociais, como, por exemplo, pesquisadores, especialistas, comunidade escolar e comunidade local, entre outros (Archanjo Júnior 2024; Allain; Fernandes, 2022). Em diversos estudos, observa-se que a TS, no contexto educacional, tem se desenvolvido a partir das demandas sociais, assumindo uma perspectiva voltada à ação social e à superação de problemas sociais (Archanjo Júnior; Gehlen, 2020, 2021) e/ou integrando conceitos científicos e tecnológicos a aspectos da vida social, questões econômicas, políticas, culturais e ambientais (Allain; Fernandes, 2022). Além disso, esses estudos apresentam objetivos pedagógicos, os quais estão, muitas vezes, voltados à formação crítica dos estudantes envolvidos no processo educativo (Norões, 2024), em perspectivas de reorganização curricular (Santos *et al.*, 2024; Fernandes *et al.*, 2024; Archanjo Júnior; Gehlen, 2020, 2021) e pautados em abordagens críticas de ensino (Allain; Fernandes, 2022; Archanjo Junior, 2024).

É diante desse contexto, e considerando sua inserção na Educação Básica, que Fernandes *et al.* (2024), Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025) propõem o estudo e o desenvolvimento de TS, denominadas em seus estudos como Tecnologias Sociais Didáticas (TSD). Essa proposição tem origem nas TS (Dagnino 2010, 2014) e nos estudos que destacam a necessidade e potencialidades da inserção das TS em

processos educativos, com o objetivo de superar a concepção equivocada de que desenvolvimento de projetos e confecção de produtos no contexto escolar pode ser considerado TS. Nesse sentido, ao discutir o estudo e o desenvolvimento das TSD no ambiente educacional, Fernandes, Santos e Fernandes (2025) destacam que essas não devem ser compreendidas como meros artefatos tecnológicos ou recursos experimentais, pelo contrário, segundo os autores, ao desenvolver propostas pautadas em TSD, torna-se possível, no contexto do ensino de Ciências, incorporar temáticas sociais que permeiam tanto o contexto escolar e comunitário, “[...] contribuindo para o desenvolvimento da ACT como transformação social e do papel dos estudantes como atores sociais” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 9).

Desse modo, ao adotar a proposição de TSD proposta por Fernandes, Fernandes e Santos (2024) para o desenvolvimento deste capítulo, algumas reflexões tornam-se pertinentes e guiam a proposição deste capítulo: *Quais são as aproximações e os distanciamentos entre a Tecnologia Social (TS) de Dagnino (2010, 2014, 2020) e as propostas de TSD voltadas ao contexto da Educação Básica? Como compreender as TSD no ambiente escolar, considerando que elas se originam da concepção de TS de Dagnino (2010, 2014)?* Por fim, no âmbito de seu estudo e desenvolvimento na comunidade escolar, *quais elementos permitem caracterizar se um artefato, processo ou produto pode, ou não, ser reconhecido como uma TSD?*

Partindo das discussões previamente apresentadas, este capítulo tem como objetivo: *refletir teoricamente sobre as relações entre TS, TCS e TSD, analisando suas distinções, aproximações e implicações para o ensino de Ciências na Educação Básica.* Por meio do delineamento desse objetivo, esse capítulo discute diferentes aspectos relacionados à concepção de TC, TS e TCS e, à luz de diferentes referenciais, amplia-se o entendimento que se tem da TS quando transpostas e desenvolvidas em contextos escolares, buscando caracterizar e aprofundar a TSD em um ambiente escolar.

2.2 Múltiplas facetas do conceito de Tecnologia: Distinções entre Tecnologia Convencional e Tecnologia Social

Ao considerarmos o termo “tecnologia”, observa-se que diversos conceitos estão diretamente relacionados à sua compreensão e definição. Nesse estudo, busca-se um entendimento sobre TC e TS e sua relação com a variável “tecnologia” da ACT.

Ao buscar uma compreensão inicial sobre as TC, Dagnino (2006) destaca que elas têm origem nas empresas privadas, sendo desenvolvidas principalmente por grandes indústrias e corporações que, no sistema capitalista, são responsáveis por transformar o conhecimento em bens e serviços. Ainda, segundo Dagnino (2014), as TC tendem a ser poupadoras de mão de

obra, o que, em vez de promover a melhoria das condições de vida dos trabalhadores, contribui para sua exclusão do processo produtivo. Dagnino (2014) também ressalta que essas tecnologias são caracterizadas por serem ambientalmente insustentáveis, pelo uso intensivo de insumos sintéticos e pela imposição de um ritmo de produção ditado pelas máquinas, em detrimento do ritmo humano. Com base nessa perspectiva, Novaes e Dias (2009) destacam que:

De um modo geral, a tecnologia convencional pode ser definida a partir de um conjunto de características, relativas a seus efeitos sobre o trabalho, à sua escala de produção ótima, aos seus efeitos sobre o meio-ambiente, às características dos insumos utilizados na produção, ao ritmo da produção, ao tipo de controle exercido sobre os trabalhadores etc. (Novaes; Dias, 2009, p. 18)

Com base no entendimento conceitual anteriormente apresentado, Duque e Valadão (2017, p. 2) destacam que as TC “[...] visam ao lucro e tendem a provocar a exclusão social”. Complementando essa perspectiva, Almeida (2010) ressalta que as TC não valorizam o potencial humano nem consideram a cultura das comunidades locais. Em contraposição a esse modelo, as TS emergem como um conjunto de indicações contra-hegemônicas, capazes de orientar o desenvolvimento tecnológico em direção a um modelo alternativo ao dominante (Dagnino, 2010), sendo adotadas por diferentes autores e instituições sociais (Alvear *et al.*, 2024).

Dessa forma, torna-se necessário compreender os diferentes conceitos associados às TS, uma vez que, segundo Alvear *et al.* (2024), não há uma definição unânime sobre o tema, sendo este caracterizado como um conceito polissêmico. O autor compreende ainda que diferentes autores e organizações se apropriam do conceito de TS acarretando “[...] significados distintos, conforme as práticas que propõem descrever ou analisar a partir dela. As divergências e disputas oriundas dessas clivagens denotam as distintas orientações e intenções políticas balizadoras das práticas de seus atores” (Alvear *et al.*, 2024, p. 96).

Muitas vezes, isso se deve à falta de clareza sobre o **marco analítico-conceitual da TS**, cuja formulação tem origem e desenvolvimento em Dagnino (2004; 2010; 2014; 2020). Em vez de se limitar a definir a TS como um conceito, Dagnino propõe um marco analítico-conceitual que a fortalece e lhe confere consistência para se afirmar em um ambiente ainda adverso, dominado pela TC. Nesse contexto, a TS passa a ser compreendida como uma alternativa. Por essa razão, Renato Dagnino tem se destacado como um dos principais autores da literatura acadêmica sobre TS, que vem se dedicando ao tema há vários anos (Dagnino, 2004, 2006, 2010, 2014, 2020).

Dessa forma, Dagnino (2014) propõe uma discussão sobre o conceito de TS, destacando que sua formulação se diferencia de maneira significativa das definições adotadas por diversas

organizações como a Rede de Tecnologia Social (RTS), a Fundação Banco do Brasil (FBB), o Instituto de Tecnologia Social (ITS), e até mesmo a definição presente na Wikipedia (Quadro 4), que, segundo Corrêa (2010) e Alvear *et al.* (2024) acarretam, diversas propostas que se apropriam das definições institucionais de TS, o que resulta em variações significativas nas abordagens acadêmicas. Desse modo, o Quadro 4 apresenta diferentes proposições para o termo TS, conforme definido por Dagnino (2014; 2020) e pelas organizações previamente mencionadas por Dagnino (2020).

Quadro 4. Diferentes concepções para os termos TS e TCS

Autor	Definição para o termo
Dagnino (2014, p. 144)	Ela seria 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 apropriada segundo a decisão do coletivo.
Fundação Banco do Brasil (2021)	Tecnologia Social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social.
Instituto de Tecnologia Social (2004, p. 26).	Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida.
Rede de Tecnologia Social (RTS) (Dagnino, 2010, p. 11 e 158)	Tecnologia Social “compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social”.
Wikipédia (2025)	Considera-se tecnologia social todo o produto, método, processo ou técnica, criado para solucionar algum tipo de problema social e que atenda aos quesitos de simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade (e reaplicabilidade) e impacto social comprovado.
Projeto de Lei do Senado nº 111, de 2011 (Brasil, 2015)	Art. 1º (...) § 1º Para os efeitos desta Lei, considera-se: I – tecnologia social: atividades voltadas para a inclusão social e a melhoria da qualidade de vida, desenvolvidas mediante processo coletivo de organização, desenvolvimento e aplicação, que tenham por finalidade planejamento, pesquisa, desenvolvimento, criação, adaptação, difusão e avaliação de: a) técnicas, procedimentos e metodologias; b) produtos, dispositivos, equipamentos e processos; c) serviços; d) inovações sociais organizacionais e de gestão.
Dagnino (2020, p. 18)	Tecnociência Solidária é a decorrência cognitiva 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), provoca uma modificação no produto gerado cujo ganho material pode ser apropriado segundo a decisão do coletivo (empreendimento solidário).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A crítica de Dagnino (2014) reside na maneira como seu conceito se diferencia das proposições das diferentes organizações que buscam conceituar a TS, o que se deve à forma

como o autor compreende tanto a Tecnologia (produto e processo) quanto seu atributo social (procedimentos e serviços). Por exemplo, o Projeto de Lei do Senado nº 111, de 2011, reavaliado em PL 3329/2015 (BRASIL, 2015), arquivado em 11/12/2024, evidencia em sua definição que as TS não se restringem a produtos ou artefatos, mas envolve o planejamento, a pesquisa, o desenvolvimento, a adaptação e a difusão de técnicas, metodologias, produtos, processos, serviços e inovações organizacionais, reafirmando seu caráter colaborativo, emancipatório e orientado ao bem comum (BRASIL, 2015).

Nessa perspectiva, segundo Alvear *et al.* (2024), essas diferenças da definição de TS decorrem da forma já reconhecida por Dagnino (2014, p. 208) como “[...] assaz estrita, radical e peculiar” que ele adota sobre o conceito de TS. Para Dagnino (2014), o marco analítico-conceitual da TS, como abordagem rigorosa, é essencial para “[...] o êxito das reflexões, formulações e proposições ensejadas pelo conceito” (Avellar *et al.*, 2024, p. 96). Contudo, no que se refere à aplicação prática da TS no contexto social, Dagnino (2014) defende que:

Diferentemente, é claro, quando se tem que tratar a questão no nível da prática, no momento da ação política, quando se quer implementar aquilo que se decidiu no momento anterior. Aqui, um rigor excessivo é prejudicial; ele pode levar à inoperância, à paralisia, ao isolamento e ao enfraquecimento das nossas posições. (Dagnino, 2014, p. 208)

Com base no Quadro 4, que apresenta diferentes concepções sobre TS, Alvear *et al.* (2024) e Dagnino (2014) tecem críticas à reapropriação do termo por determinadas organizações. Para o autor, não basta apenas aplicar TS em comunidades excluídas; ele argumenta que muitas dessas formulações não questionam as estruturas de desigualdade nem o modelo econômico dominante, sendo, portanto, politicamente limitadas e insuficientes para o contexto proposto (Dagnino, 2014). Nesse sentido, em estudos posteriores, Dagnino (2020, p. 16) destaca que o conceito de TS “[...] não era suficiente para tratar o tema da Economia Solidária”. Diante dessa limitação, o autor argumenta que “era ineficaz seguir insistindo na crítica da expressão Tecnologia Social” (Dagnino, 2020, p. 17), passando então a propor o termo “Tecnociência Solidária (TCS)”.

A proposta da TCS, formulada por Dagnino (2020, p. 19), emerge como uma alternativa voltada para a “[...] conscientização, mobilização, participação e empoderamento dos movimentos populares e dos coletivos contra-hegemônicos emergentes agrupados em torno de causas identitárias”. Nesse sentido, o autor destaca que uma “tecnociência alternativa”, como a TCS, só poderá emergir a partir da **Adequação Sociotécnica (AST)**, destacando assim que, por meio dela a tecnologia capitalista pode ser reprojetaada, atendendo à necessidade “[...] dos atores sociais diretamente interessados em contar com um conhecimento para a produção de bens e

serviços coerente com seus valores e interesses” (Dagnino, 2020, p. 49). Segundo Dagnino (2010), o conceito de AST, desenvolvido anteriormente (Dagnino; Brandão; Neves, 2004), está baseado no construtivismo e propõe uma inversão da lógica usual de construção tecnológica, ou seja, ao invés de os artefatos tecnológicos refletirem apenas os interesses de grupos sociais dominantes, a AST propõe um caminho inverso, ou seja, “[...] em que um artefato tecnológico sofreria um processo de adequação aos valores e interesses políticos de grupos sociais relevantes” (Dagnino, 2010, p. 38).

Essa perspectiva, de caráter contra-hegemônico, segundo Dagnino (2010, 2014), busca “adequar a tecnologia convencional (e, inclusive, conceber alternativas) adotando critérios suplementares aos técnico-econômicos usuais” (Dagnino, 2014, p. 40), considerando também os aspectos sociais, econômicos e ambientais, ou seja, de forma alinhada com as necessidades e realidades da sociedade e do meio ambiente (Dagnino, 2014).

Com base no delineamento da proposta de AST, Dagnino (2014, p. 102-103), no âmbito da TS, apresenta sete modalidades. Porém, em Dagnino (2020, p. 94-96), reformula essas modalidades para a TCS, propondo o reprojeto da tecnociência capitalista:

I – Alteração na distribuição da receita gerada: ocorre quando há mudança na propriedade dos meios de produção, que deixam de estar sob controle privado e passam para o coletivo;

II – Apropriação: refere-se à posse coletiva dos meios de produção pelos trabalhadores. Segundo Dagnino (2020, p. 94), a apropriação “[...] supõe a aquisição, pelos trabalhadores, de conhecimento produtivo, de gestão e de concepção de produtos e processos, sem que alguma modificação seja introduzida nos mesmos”;

III – Repotenciamento: a partir da nova condição de propriedade coletiva dos meios de produção, os trabalhadores passam a modificar máquinas e equipamentos para aumentar sua eficiência, prolongar sua vida útil ou até mesmo adaptar suas funções, de modo que atendam melhor às necessidades coletivas;

IV – Ajuste do processo de trabalho: busca-se uma organização baseada na autogestão, em que haja um “ambiente de trabalho democrático e participativo, não submetido ao controle capitalista” (Dagnino 2020, p. 95);

V – Alternativas tecnológicas: correspondem à busca e seleção de alternativas tecnológicas distintas daquelas hegemônicas;

VI – Incorporação de conhecimento tecnocientífico existente: a continuidade na busca por tecnologias alternativas tende a evidenciar a necessidade de incorporar conhecimentos já existentes para o desenvolvimento de novas tecnologias. Essa sexta modalidade, segundo

Dagnino (2020), está relacionada a atividades de inovação incremental, as quais tendem a ocorrer em articulação com instituições públicas de ensino, pesquisa e desenvolvimento;

VII – Busca de conhecimento tecnocientífico novo: “implica atividades de ‘inovação radical’” (Dagnino 2020, p. 96), voltadas a atender às demandas dos empreendimentos autogestionários. Essa modalidade demanda, em geral, a participação de instituições públicas de ensino e de pesquisa e desenvolvimento.

2.3 A Tecnologia Social para o contexto educacional: possibilidades e limites para a sua inserção

2.3.1 As Tecnologias Sociais no Contexto Educacional

A partir do contexto apresentado no tópico anterior, que discutiu os possíveis conceitos de TS, segundo Dagnino (2014), e a posterior proposição da TCS, conforme Dagnino (2020), observa-se que ambos os enfoques do marco analítico-conceitual não se voltam diretamente ao ambiente escolar. No entanto, a inserção das TS nesse contexto revela-se promissora (Pereira; Freitas, 2018), especialmente com base em Calvão e Gama (2022) e Allain e Fernandes (2022), que propõem a inserção da TS no contexto escolar.

Além disso, estudos como os de Roso (2017), Archanjo Júnior e Gehlen (2021; 2022), Archanjo Júnior (2019; 2024) também propõem implementação da TS ou da TCS em processos educativos. Dessa forma, no contexto de uma comunidade escolar e local, a AST da TS, segundo Archanjo Junior (2024) é constituída a partir de valores democráticos, os quais envolvem a inserção das demandas dos excluídos nas agendas de pesquisa, o diálogo, a problematização de aspectos culturais e dos saberes populares de diferentes atores sociais, caracterizando-se como uma forma de desenvolvimento tecnocientífico que prevê a participação ativa da população em seus processos formativos, educativos e produtivos.

Nessa perspectiva, com base nas proposições desses autores, no contexto da Educação Básica, emergem as proposições de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e de Fernandes, Santos e Fernandes (2025), que, para o desenvolvimento da TS na comunidade escolar, sugerem um **modelo social didático**, articulado com o processo e o produto, a partir do desenvolvimento e reflexão, até chegar em um produto final, na forma de protótipos didáticos, denominados de “Tecnologias Sociais Didáticas”. Embora a proposição de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e de Fernandes, Santos e Fernandes (2025) ofereça contribuições relevantes para o ensino de Ciências, ela apresenta uma limitação importante a ser considerada. Especialmente

se as TSD, em propostas futuras, forem reduzidas à ideia de somente a um artefato material, em forma de protótipo didático, ao valorizar o produto final (o protótipo em si) em detrimento do processo, podendo contribuir para a reintrodução de uma lógica tecnocrática, criticada por Dagnino (2014), que tende a reproduzir desigualdades ao ignorar os saberes locais, a participação popular e os contextos específicos das comunidades.

Considerando o marco analítico-conceitual e o processo de AST da TS (Dagnino, 2010; 2014) e da TCS (Dagnino, 2020), observa-se que as TSD têm origem nesses referenciais, mas se afastam nos seus aspectos específicos. Tais origens não são suficientes para alinhar as TSD, por exemplo, aos objetivos centrais da AST, uma vez que a TS é voltada prioritariamente à comunidade (local, rural, de trabalhadores, empreendimentos solidários, cooperativas populares, associações de trabalhadores, movimentos sociais etc.) e orientada pela participação popular (Dagnino, 2014), e a TCS, cuja base, segundo Dagnino (2020), encontra-se fundamentada na Economia Solidária e nos empreendimentos autogestionários. Embora as TSD possam dialogar com algumas dimensões da AST, sua ênfase reside no ambiente escolar e visam sobretudo, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024), articular a abordagem de conteúdos e conceitos científicos e tecnológicos de diferentes componentes curriculares, com os problemas, demandas sociais e saberes locais que impactam e influenciam tanto a comunidade escolar como a comunidade local. Para essa perspectiva, Fernandes, Santos e Fernandes (2025, p. 7) compreendem que as TSD “permitem aos estudantes planejar, esquematizar, estudar conceitos, desenvolver projetos, refletir sobre os aspectos sociais da ciência e da tecnologia e, por fim, buscar transformar o entorno em que vivem”.

Partindo do entendimento conceitual apresentado por Dagnino (2006, 2010, 2014, 2020) acerca das TC e da forma como as TS e a TCS se contrapõem a esse modelo dominante, bem como considerando a TSD como uma proposição voltada ao contexto educacional, com suas distinções em relação às TS, conforme proposto por Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025), apresenta-se, a seguir, um quadro explicativo (Quadro 5), cujo objetivo é explicitar e comparar as três vertentes da tecnologia (TC, TS e TSD).

Quadro 5. Distinções e aproximações da TC, TS e TSD

Características	Tecnologia Convencional (TC)	Tecnologia Social (TS)	Tecnologia Social Didática (TSD)
Origem	Indústrias e empresas privadas, foco no mercado.	Comunidade local, interação coletiva; empreendimentos autogestionários; economia solidária.	A comunidade escolar, local e de especialistas dialoga com a universidade, grupos de pesquisa, professores da educação básica, estudantes e a comunidade local.

Objetivo	Lucro, eficiência e inovação de mercado.	Desenvolvimento mais justo e ambientalmente responsável, na busca de soluções colaborativas e sustentáveis para problemas sociais, políticos, éticos e econômicos.	Mobilizar a comunidade escolar e local por meio da construção de soluções tecnocientíficas de caráter social, planejadas, estudadas e executadas a partir de conhecimentos produzidos no contexto escolar e articulados aos saberes populares dos estudantes e da comunidade local.
Impacto Social	Pode gerar desigualdades e dependência tecnológica.	Promove a inclusão social, a conscientização, a mobilização, a participação autônoma e o empoderamento dos atores sociais.	Oferece oportunidades de desenvolver a ACT no contexto escolar, voltada à transformação social, além de possibilitar discussões e reflexões entre os atores sociais (comunidade escolar, local e de especialistas) sobre aspectos científicos, tecnológicos, políticos, econômicos, ambientais etc.
Uso de Recursos	Alto consumo de insumos sintéticos e tecnológicos.	Uso sustentável de recursos e materiais de baixo custo, que podem ser reutilizados e reciclados na construção da TS.	Uso sustentável de recursos e materiais de baixo custo, que podem ser reutilizados e reciclados na construção da TSD.
Participação da Comunidade	Baixa ou inexistente.	Preza pelo envolvimento da comunidade local. Soluções construídas coletivamente para determinada demanda da comunidade.	Preza pelo envolvimento de diferentes atores sociais da comunidade escolar (professores da educação básica, alunos etc.), comunidade local e especialistas/técnicos.
Demanda dos Atores	Foco no mercado.	Opõe-se à ideia de oferta e demanda da TC e foca na demanda das comunidades.	A demanda surge dos atores sociais da comunidade escolar a partir das necessidades da comunidade local.
Exemplos	Indústrias, automóveis, equipamentos eletrodomésticos etc.	Processos, técnicas, procedimentos, produtos (ex. Bacia de Evapotranspiração, Biodigestor, Aquecedor Solar de Baixo Custo, Filtro Biológico, Sistema de Captação de Água da Chuva, Círculo de Bananeira; Sistemas Agroflorestais, Pau-a-pique, Bambu a pique, Adobe, Superadobe, Hiperadobe, Brickeradobe).	Mediações sociotécnicas pedagógicas, desenvolvidas e aplicadas no ambiente educacional, baseadas em TS, a partir de processos, procedimentos, metodologias, abordagens e produtos (ex. Biodigestor, Aquecedor Solar de Baixo Custo, Sistema de Captação da Água da Chuva etc.).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Dessa forma, considerando as TS em um contexto comunitário, Gama *et al.* (2022, p. 41) destacam que visam “[...] outras vias possíveis para o desenvolvimento tecnológico, envolvendo a participação social no modo de produção e gestão tecnológica”, sendo necessário para compreender um desenvolvimento tecnocientífico, considerar as dimensões políticas,

socioecológicas e econômicas que influenciam os diversos grupos sociais envolvidos (Gama *et al.*, 2022). As TS valorizam a participação ativa dos atores sociais na construção de soluções coletivas para problemas que os perpassam, ou seja, de acordo com Dagnino, (2014):

[...] devemos entender o desenvolvimento de TS como um processo de concepção coletiva que reúne e coordena elementos heterogêneos – atores sociais (movidos por valores e interesses, ao mesmo tempo particulares e pautas de alianças políticas) e recursos (de poder político, cognitivos, econômicos) com características e competências diferentes – e que tende a uma estabilização conjunta do “social” e do “técnico” etc., que conduz a arranjos híbridos, nos quais os elementos tecnológicos e sociais (sociotécnicos) estão indissociavelmente misturados. (Dagnino, 2014, p. 187).

Nessa perspectiva, considerando o contexto previamente apresentado, a análise do Quadro 5 e as proposições teóricas de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e de Fernandes, Santos e Fernandes (2025), observa-se que as TSD têm origem, mas se distinguem das TS e TSC por estarem diretamente vinculadas ao espaço escolar. Ao apresentar as distinções em relação à TC e à TS (Quadro 5), almeja-se evidenciar que as TSD não devem ser compreendidas como simples protótipos, nem como produtos ou recursos didáticos desenvolvidos no contexto da Educação Básica, mas sim, carregadas de intencionalidades sociais, a partir de uma *práxi pedagógica* (ação-reflexão-ação), ancoradas em uma ACT. Assim, ao propor uma TSD no contexto escolar, esta dissertação a concebe como uma **mediação sociotécnica pedagógica** (Quadro 5), a partir da TS.

2.3.2 A Articulação entre a Mediação Sociotécnica Pedagógica da TSD e a Adequação Sociotécnica da TS e da TCS

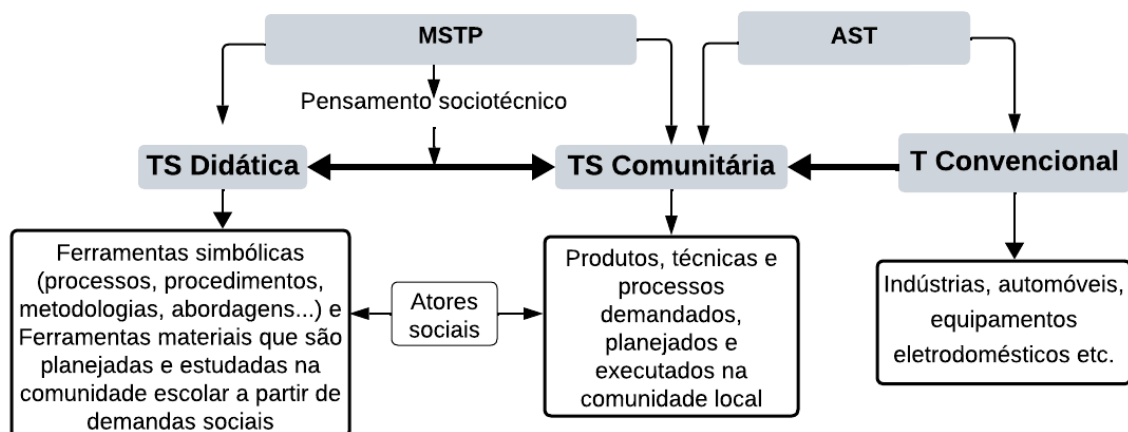
Como a TSD não compartilha integralmente os princípios da AST, ao fundamentá-la nessa proposta, busca-se compreender e caracterizar o termo “mediação sociotécnica”, em substituição a “adequação”, proposto inicialmente por Valadão, Andrade e Neto (2014). O conceito de “mediação sociotécnica” surge como uma resposta às limitações das abordagens sociotécnicas anteriores, seja dos sistemas sociotécnicos, da AST ou dos híbridos sociotécnicos que, muitas vezes, segundo os autores, “cada perspectiva sociotécnica acaba por dar um realce específico seja ao técnico, seja ao social, não possibilitando a análise conjunta na constituição da TS” (Valadão; Andrade; Neto, 2014, p. 57). É nesse contexto de crítica ao desequilíbrio ora técnico, ora social da AST que Valadão, Andrade e Neto (2014) propõem o termo mediação sociotécnica, para se referirem a uma unidade de análise na qual, ao considerar o desenvolvimento da TS, almeja-se por uma mediação “para equilibrar tais ênfases e acentuar a

relação sociotécnica, tomando-a como unidade de análise da TS e de suas representações” (Valadão; Andrade; Neto, 2014, p. 57).

Com um olhar voltado para as TSD, estas podem se constituir nessa inter-relação à medida que, ao discutir os processos de construção científica, Latour (2001, p. 119, tradução do autor) enfatiza a ideia de “mobilização do mundo”, compreendida como “a expressão geral dos meios pelos quais os não-humanos são progressivamente inseridos no discurso [...] é uma questão de dirigir-se para o mundo, torná-lo móvel, trazê-lo para o local da controvérsia, mantê-lo empenhado e fazê-lo suscetível de argumentação”. Essa noção pode ser transposta para o campo educacional ao se compreender as TSD como **Mediações Sociotécnicas Pedagógicas (MSTP)**, pois, como destacam Fernandes, Fernandes e Santos (2024), por meio de seu estudo e desenvolvimento, elas conectam a aprendizagem de conceitos científicos a problemas/demandas sociais locais de natureza política, socioeconômica, socioambiental, questões relacionadas à saúde, segurança pública (Gama *et al.*, 2022) e de outras áreas influenciadas pela Ciência e pela Tecnologia, situando-os no contexto da Educação Básica.

Nessa perspectiva, a Figura 2, adaptada a partir dos estudos de Fernandes, Fernandes e Santos (2024), esquematiza a transição da AST da TC para a TS presentes em estudos de (Dagnino 2010; 2014; 2020) e, em um processo de MSTP, a transposição da TS para a TSD no espaço escolar.

Figura 2. Esquema da AST e MSTP entre TC, TS e TSD



Fonte: Adaptado de Fernandes, Fernandes, Santos (2024, p. 9).

Desse modo, ao propor o desenvolvimento e a inserção das TS no ambiente escolar, realiza-se uma MSTP, e não a AST. Com base no marco conceitual-analítico da TS, articulado às demandas das comunidades locais, a TSD assume fins educativos voltados à ACT, integrando a aprendizagem de conceitos científicos e tecnológicos a problemas sociais de

caráter político, socioeconômico, socioambiental, bem como a questões de saúde e segurança pública. Promove o diálogo entre a comunidade escolar e a local, valoriza os saberes tradicionais, estimula o uso sustentável dos recursos e incentiva a reflexão sobre questões científicas, tecnológicas, sociais, políticas, econômicas e ambientais, contribuindo para a transformação social e para a apropriação das soluções pela própria comunidade.

Articulado à MSTP existe um **pensamento sociotécnico**, uma vez que, ao estudar e desenvolver a TSD, os estudantes, no âmbito do ensino e aprendizagem, têm contato com os conceitos científicos envolvidos, discutem e refletem sobre suas aplicações no contexto social em que vivem, buscando soluções para problemas reais que enfrentam em suas comunidades. Dessa forma, é com base em um pensamento sociotécnico que a TSD é concebida como um modelo social didático para o debate de questões sociais, políticas, econômicas e éticas (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), constituindo-se como uma importante possibilidade para o ensino de Ciências.

Nesse sentido, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) destacam que, busca-se iniciar o pensamento sociotécnico no contexto escolar, à medida em que os estudantes por meio do estudo e desenvolvimento das TSD “[...] planejam, esquematizam, estudam conceitos, desenvolvem, refletem sobre os aspectos sociais da ciência e da tecnologia e buscam transformar o seu entorno, iniciando na escola e mobilizando outros sujeitos, novos atores sociais, para a confecção de TS em sua comunidade” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 9).

A definição de MSTP é uma proposição inicial para a AST da TSD que será resgatada nos próximos tópicos.

2.3.3 As Dimensões e Indicadores da TSD

Dagnino (2014; 2020) ressalta que a AST da TS só se torna efetiva quando é acompanhada pela geração de conhecimentos tecnocientíficos alinhados com valores e interesses das comunidades. No entanto, em razão da complexidade da produção tecnocientífica, esse conhecimento não pode ser gerado de forma autônoma pelas comunidades (Dagnino, 2014). Por isso, Dagnino (2020) defende que ele deve ser coproduzido coletivamente, articulando a participação de movimentos sociais, comunidade científica, organizações da sociedade civil, comunidades locais, órgãos governamentais, entre outros. Nessa perspectiva, a MSTP da TSD também depende dessa articulação, mas parte da comunidade escolar para se efetivar na comunidade local. A fim de caracterizar melhor a

natureza da TSD no contexto escolar, cuja origem se encontra nos fundamentos teóricos da TS (Dagnino, 2010; 2014), é possível descrevê-la a partir de três dimensões: social, pedagógica e epistêmica.

2.3.3.1 A Dimensão Social da TSD

A dimensão social da TSD expressa o compromisso da escola com a produção coletiva de conhecimento científico e tecnológico orientada por valores de solidariedade, justiça, inclusão e transformação social. Inspirada na concepção de TS de Dagnino (2010; 2014) e TCS de Dagnino (2020), essa dimensão reafirma que uma tecnologia só pode ser considerada social quando está alinhada às necessidades, interesses e valores das comunidades (Serafim; Jesus; Faria, 2013), rompendo com a lógica individualista e mercantil da tecnologia convencional. Ao ser transposta para o campo educacional, a TSD situa a escola em espaço de mobilização social e de coprodução de saberes (Archanjo Junior, 2024; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Em um contexto de Mediação Sociotécnica (Valadão; Andrade; Neto, 2014), compreendida sob uma perspectiva pedagógica (Mediação Sociotécnica Pedagógica – MSTP), o protagonismo da TSD pertence à comunidade escolar, que atua como sujeito ativo na concepção e no desenvolvimento das propostas voltadas às demandas sociais, as quais são refletidas e analisadas coletivamente pelos próprios participantes (Santos *et al.*, 2024; Fernandes; Fernandes; Santos, 2024). Nesse processo, participam gestores, professores e estudantes, juntamente com membros da comunidade local e da comunidade de especialistas, configurando um ambiente de coprodução e socialização do conhecimento tecnocientífico (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025). A MSTP constitui, assim, o elemento estruturante da dimensão social, pois articula o conhecimento científico escolar às demandas sociais locais, sejam de natureza política, socioeconômica, ambiental ou cultural, promovendo diálogo entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como a resignificação do conhecimento escolar por meio da integração de saberes populares e experiências comunitárias (Xavier; Flôr, 2015; Fernandes; Fernandes; Santos, 2025).

Como destacam Freitas (2018) e Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018), processos educativos baseados na problematização, argumentação e participação coletiva fortalecem o papel da escola como espaço público de formação crítica e de transformação social. Assim, a dimensão social da TSD se caracteriza por democratizar o conhecimento científico e tecnológico, com o potencial para promover uma ACT orientada pela justiça e transformação social (Valladares 2021; Fernandes, 2025).

2.3.3.2 A Dimensão Pedagógica da TSD

A dimensão pedagógica da TSD expressa a forma como o conhecimento escolar é mobilizado a partir da intencionalidade docente, compreendendo o ensino como um processo crítico e transformador (Freitas 2018). Inspirada na concepção de TS proposta por Dagnino (2010; 2014; 2020), a TSD adapta esse conceito ao contexto educacional, assumindo um caráter didático ao levar em consideração, além da formação escolar, a humana e social dos estudantes. Essa transposição ressignifica o marco analítico-conceitual da TS e a AST de Dagnino (2010; 2020), ao incorporar princípios pedagógicos na forma de MSTP, consolidando, assim, a TSD (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Como destaca Goulart *et al.* (2022, p. 85), no contexto educacional, o processo de ensino e aprendizagem não deve apenas estar relacionado à assimilação de conteúdos, mas também “ao desenvolvimento da capacidade de reflexão, criticidade e ação do indivíduo na resolução de problemas sociais individuais e ambientais”. Nesse sentido, a partir da MSTP, que articula os fundamentos da TS e da TSD, considerando processos, técnicas, desenvolvimento, reflexões, produtos e saberes, busca-se integrar a aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos a problemas sociais, políticos, econômicos e ambientais, mobilizando escola e comunidade em torno de ações coletivas e transformadoras (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024). O envolvimento da comunidade escolar e comunitária é defendido por Pinheiro (2023, p. 184) ao destacar a necessidade do engajamento das famílias e de diferentes grupos sociais nas atividades educacionais, no qual a escola deve apresentar “um viés mais político, mais humanizador, trazendo para o seu contexto também os anseios da comunidade”.

A dimensão pedagógica da TSD posiciona o estudante como protagonista da construção do conhecimento, em diálogo com os saberes científicos e populares (Pereira; Paula, 2022), reconhecendo ciência e tecnologia como práticas sociais (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025; Fernandes, 2025). Essa dimensão fundamenta-se na intencionalidade do professor, elemento central para o desenvolvimento da ACT como processo de transformação social. Segundo Fernandes, Santos e Fernandes (2025), tal intencionalidade não é neutra: expressa o compromisso ético-político do educador com a formação crítica e cidadã dos estudantes.

Enquanto a TS busca corresponder às necessidades coletivas das comunidades, rompendo com a lógica mercadológica da TC (Dagnino 2014), a TSD como modelo didático-social, considera seu processo, reflexões, saberes, desenvolvimento e produto, que têm início na comunidade escolar. As TSD desenvolvidas sob essa perspectiva não se encerram em seus produtos (como biodigestores, aquecedores solares de baixo custo e outros artefatos), mas

constituem meios de aprendizagem crítica que integram saberes científicos e tecnológicos aos saberes comunitários, buscando compreender e responder a problemas socioambientais e tecnológicos reais (Gama *et al.*, 2022).

No âmbito curricular, a TSD possibilita práticas inter, pluri e multidisciplinares, integrando diferentes componentes e conteúdos às demandas locais e globais, além de articular a comunidade escolar, comunidade local e comunidade de especialistas. Pode ser desenvolvida em perspectivas curriculares como a Situação de Estudo (Fernandes; Araújo; Santos, 2024; Fernandes *et al.*, 2024), a Abordagem Temática Freireana (ATF) (Archanjo Junior; Gehlen, 2020) e em abordagens críticas como a CTS-Freire (Roso, 2017; Almeida; Gehlen, 2019) e as Questões Sociocientíficas, entre outras, fortalecendo o caráter investigativo, reflexivo e social do ensino de Ciências (Fernandes, 2025).

Desse modo, a dimensão pedagógica da TSD consolida-a como um modelo social didático, crítico e participativo, no qual o conhecimento científico e tecnológico é apropriado e ressignificado pelos estudantes em diálogo com a realidade. Por meio da intencionalidade docente, da cooperação e da MSTP, essa dimensão da TSD transforma o ensino em um processo de ACT comprometido com a transformação social.

2.3.3.3 A Dimensão Epistêmica da TSD

A dimensão epistêmica da TSD refere-se aos processos de construção, negociação e legitimação do conhecimento científico e tecnológico no ambiente escolar, articulando ciência, tecnologia e sociedade. Além disso, a TSD promove a integração entre a compreensão de fenômenos científicos e tecnológicos (ACT Prática), a reflexão crítica sobre o processo de construção e as implicações do conhecimento científico e tecnológico (ACT Cultural), a capacidade de mobilizar o conhecimento científico e tecnológico para o engajamento social e a tomada de decisões (ACT Cívica) e a atuação crítica e reflexiva em relação às questões sociais, políticas, econômicas e éticas relacionadas à ciência e à tecnologia, buscando transformar a realidade (ACT Transformação Social) (Fernandes, 2025).

Na comunidade escolar, por meio do estudo e desenvolvimento da TSD, a argumentação constitui o principal instrumento para a produção, comunicação, avaliação e legitimação do conhecimento (Araújo, 2019; Fernandes; Santos; Fernandes, 2024), permitindo, segundo Neves e Pierson (2022) no contexto de sala de aula, apresentar suas opiniões, hipóteses, sustentar explicações, justificar ações, descrever ideias e problematizar questões sociais relacionadas à ciência e à tecnologia (Fernandes; Fernandes; Santos, 2025), contribuindo assim, para uma

visão de Ciência e Tecnologia “[...] como um processo de construção social” (Neves; Pierson, 2022, p. 7).

A dimensão epistêmica da TS, a partir de Dagnino (2010; 2014; 2020), fundamenta-se na produção coletiva, solidária e autogestionária do conhecimento, em oposição ao modelo tradicional de *transferência de saberes* (modelo hegemônico). Nessa concepção, o conhecimento é coproduzido em comunidades solidárias, voltado para a Economia Solidária, articulando saberes científicos, técnicos, populares e tradicionais em processos de AST. Trata-se, portanto, de uma racionalidade epistêmica cooperativa, que integra diferentes formas de saber e se orienta pela apropriação coletiva do conhecimento.

Ao diferenciar-se da TS de Dagnino (2010; 2014), a TSD situa a dimensão epistêmica no espaço escolar, orientada por objetivos educativos e formativos que possam ser desenvolvidos em parceria com a comunidade local. Nesse contexto, a TSD valoriza e favorece a aprendizagem e a coprodução de saberes entre ciência escolar e saberes populares da comunidade (Roso, 2017; Archanjo Junior, 2024; Fernandes; Santos; Fernandes, 2024).

Portanto, a dimensão epistêmica da TSD transcende a simples apropriação de conteúdos conceituais e técnicos, configurando a comunidade escolar como espaço de produção de conhecimento crítico e transformador, em que estudantes e comunidade local dialogam, compreendendo a ciência e a tecnologia como práticas sociais permeadas por valores, interesses e contextos (Fernandes, 2025; Fernandes; Santos; Fernandes, 2024).

2.3.3.4 Os Indicadores da TSD

A partir do contexto apresentado anteriormente, propõem-se os indicadores de TSD que constituem critérios analíticos e operacionais que permitem identificar se uma proposta pedagógica, processo ou produto desenvolvido no contexto escolar se caracteriza como uma TSD, e não apenas como uma atividade ou produto técnico ou experimental.

Esses indicadores expressam as dimensões constitutivas da TSD (social, pedagógica e epistêmica), que, articuladas, permitem compreender o caráter transformador, formativo e contextual das práticas sociotécnicas escolares (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024). Inspirados nas concepções de TS de Dagnino (2010, 2014, 2020), os indicadores partem da ideia de que o conhecimento e a tecnologia só se tornam sociais quando são construídos coletivamente, em diálogo com as necessidades concretas e os valores e saberes culturais, rompendo com a lógica individualista e mercadológica da tecnologia convencional.

Ao serem transpostos para o campo educacional, esses princípios são reinterpretados no âmbito da mediação sociotécnica (Valadão; Andrade; Neto, 2014) pedagógica (MSTP),

orientando o professor a planejar, conduzir e avaliar práticas educativas que integrem ciência, tecnologia e sociedade em processos de aprendizagem crítica e emancipatória.

Em síntese, os indicadores de TSD, caracterizados no Quadro 6, funcionam como referenciais para análise e validação, possibilitando verificar:

- se o processo educativo é intencionalmente formativo e crítico;
- se há envolvimento coletivo e diálogo social entre escola, comunidade local e especialistas;
- se o conhecimento é coproduzido, socializado, contextualizado e integrado entre saberes científicos e populares, valorizando o conhecimento dos participantes e das comunidades envolvidas; e
- se o produto ou resultado gerado promove uma transformação concreta e formativa no estudante, com efeitos que se estendem ao seu contexto comunitário (Allain; Fernandes, 2022; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Quadro 6. Indicadores da TSD

Nº	Indicador	Dimensão Predominante	Justificativa
1	A TSD é planejada com intencionalidade pedagógica, buscando promover reflexão crítica e transformação social.	Pedagógica	Expressa a intencionalidade educativa e o propósito formativo da TSD, voltado à aprendizagem crítica.
2	O problema social abordado é real e relevante, relacionado às condições concretas da comunidade escolar ou local.	Social	Evidencia o compromisso social da prática educativa ao considerar reflexão crítica sobre problemas e demandas socialmente relevantes.
3	Há integração entre saberes científicos e populares, valorizando o conhecimento dos participantes e das comunidades envolvidas.	Social / Epistêmica	Representa a coprodução do conhecimento e o diálogo entre saberes (escolar e popular).
4	O processo envolve participação coletiva e diálogo social, incluindo a comunidade escolar (estudantes, professores etc.) e/ou a comunidade de especialistas (técnicos, universidade etc.) e a comunidade local.	Social	Indica o caráter colaborativo e democrático da construção da TSD, baseada na interação entre diversos atores sociais.
5	Existe uma mediação sociotécnica pedagógica, articulando ciência, tecnologia e sociedade.	Pedagógica	Define o papel da TSD como mediação que conecta conteúdos científicos e tecnológicos aos aspectos sociais, culturais, políticos, econômicos e ambientais.
6	Ocorre a promoção da aprendizagem interdisciplinar e colaborativa, conectando diferentes áreas do conhecimento.	Pedagógica	Evidencia a integração curricular e o trabalho coletivo no processo educativo.
7	O processo gera transformações concretas, tanto materiais quanto formativas.	Social	Aponta para o impacto real da TSD no ambiente escolar e comunitário, buscando confirmar seu caráter transformador.

8	O conhecimento produzido é socializado, sendo discutido, compartilhado e aprimorado coletivamente.	Epistêmica	Demonstra a circulação do conhecimento e a valorização da aprendizagem coletiva como parte da coprodução cognitiva.
9	A TSD é contextualizada à realidade social, econômica e cultural dos sujeitos envolvidos.	Social	Garante a MSTP da TSD às condições concretas de vida e às demandas locais.
10	O processo favorece a formação crítica dos participantes, estimulando análise e ação sobre os problemas de seu entorno.	Pedagógica / Epistêmica	Traduz o objetivo formativo da TSD, unindo reflexão crítica e apropriação consciente do conhecimento científico e tecnológico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As TSD se configuram pela articulação entre as dimensões social (participação e transformação), pedagógica (intencionalidade educativa e mediação sociotécnica) e epistêmica (coprodução e socialização do conhecimento). Alguns indicadores (especialmente os de números 3 e 10) são transversais, evidenciando a natureza integrada da TSD como sociotécnica (TS) e prática educativa (Didática). Esses indicadores não devem ser entendidos como *checklists* rígidos. Sua aplicação depende do contexto sociocultural da comunidade escolar, do grau de envolvimento coletivo e da intencionalidade do professor na MSTP.

É importante destacar que os indicadores apresentados não estabelecem qualquer forma de hierarquia entre si. Eles não foram organizados com base em níveis de prioridade, relevância ou precedência, mas sim como elementos inter-relacionados que, em conjunto, permitem reconhecer se uma proposta configura-se de fato ou não uma TSD. Nesse sentido, cada indicador funciona como uma dimensão analítica complementar: nenhum deles, isoladamente, determina o caráter de TSD, e a pertinência de sua mobilização depende do contexto, das necessidades formativas e das condições sociotécnicas envolvidas. Assim, esses indicadores compõem um conjunto articulado que expressa a própria natureza integradora da TSD, em suas três dimensões (social, pedagógica e epistêmica) sendo isso o que define a MSTP, núcleo das TSDs.

Exemplo Aplicado com Indicadores: Quando uma proposta é (ou não é) uma Tecnologia Social Didática (TSD)?

Em uma escola pública, estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental desenvolvem, com orientação do professor de Ciências, um Aquecedor Solar de Baixo Custo feito com garrafas PET e canos de PVC (Fernandes *et al.*, 2024) ou um Biodigestor Didático (Fernandes; Santos; Fernandes 2025).

À primeira vista, trata-se apenas de protótipos simples, um produto técnico ou experimental. No entanto, o que define se essa experiência constitui ou não uma TSD é a forma como o processo é concebido, conduzido e apropriado pela comunidade escolar.

Situação 1 – Quando a proposta configura uma TSD

O processo se caracteriza como uma TSD autêntica quando o professor planeja intencionalmente a atividade com fins formativos e sociais (indicador 1), partindo de um problema real e relevante da comunidade (como o alto custo da energia, o difícil acesso à água quente em locais sem infraestrutura adequada, o alto custo do botijão de gás etc.) (indicador 2).

Durante as etapas de desenvolvimento, os estudantes integram saberes científicos e populares sobre o uso do sol e o reaproveitamento de materiais (indicador 3) e trabalham coletivamente, em um ambiente de participação e diálogo social (indicador 4).

O Aquecedor Solar e o Biodigestor são construídos como MSTP, articulando ciência, tecnologia e sociedade (indicador 5). A proposta promove aprendizagem interdisciplinar e colaborativa, unindo conteúdos de Ciências da Natureza, Matemática e Meio Ambiente e reflexões da Sociologia e Filosofia (indicador 6), gerando transformações concretas, tanto no ambiente escolar (instalação e uso do sistema) quanto na forma como os estudantes compreendem a ciência e a tecnologia (indicador 7) para serem debatidas ou implementadas.

O conhecimento produzido é socializado entre escola e comunidade (ex.: os estudantes apresentam a TSD — processo e produto —, discutem soluções e orientam outros grupos ou famílias) (indicador 8). O Aquecedor Solar e o Biodigestor (processos e produtos) são contextualizados à realidade socioeconômica da comunidade dos estudantes, adaptando-se aos recursos disponíveis (indicador 9).

Ao longo de todo o processo, os estudantes desenvolvem formação crítica e reflexiva, analisando os impactos sociais, éticos e ambientais do uso da energia e da tecnologia (indicador 10). Assim, o Aquecedor Solar e o Biodigestor tornam-se mais do que um produto: eles se configuram como uma prática educativa crítica (dimensão pedagógica), socialmente enraizada (dimensão social) e epistemicamente reflexiva (dimensão epistêmica), integrando teoria, prática e ação social transformadora.

Situação 2 – Quando a proposta não é uma TSD

Por outro lado, o mesmo Aquecedor Solar ou o Biodigestor não se configuram como TSDs quando são desenvolvidos apenas como atividade experimental, projeto ou uma maquete para ilustrar o conceito de calor ou energia térmica.

Nessa versão, inicialmente, não há participação coletiva e diálogo social, incluindo a comunidade escolar (estudantes, professores etc.) e/ou a comunidade de especialistas (técnicos, universidade etc.) e a comunidade local (indicador 4). Também não há problematização social ou comunitária (indicador 2), nem integração de saberes locais (indicador 3).

O professor atua de forma instrumental, sem intencionalidade pedagógica crítica (indicador 1) ou interdisciplinaridade (indicador 6). Os estudantes apenas seguem um roteiro ou respondem a uma atividade, sem protagonismo reflexivo (indicador 10) ou compreensão do papel social da ciência e da tecnologia. Embora o artefato possa ser reproduzido pelos estudantes (indicador 7), não há contextualização social (indicador 9) nem socialização significativa do conhecimento (indicador 8).

Nesse caso, o Aquecedor Solar e o Biodigestor são apenas recursos didáticos instrumentais, úteis para demonstrar conceitos científicos, mas destituídos de intencionalidade social. Não há transformação real, apenas execução técnica, o que o distancia do sentido formativo e coletivo que caracteriza uma TSD.

Um mesmo produto, como o Aquecedor Solar de Baixo Custo (Fernandes *et al.*, 2024) só se configura como uma TSD quando os estudantes olham para as condições sociais, culturais e materiais concretas de uma de uma demanda social, articulando saberes diversos e promovendo aprendizagem crítica e transformação coletiva. Quando reduzido a um produto técnico descontextualizado, perde seu caráter de TSD, tornando-se apenas uma técnica escolar sem intencionalidade formativa ou social.

2.4 A Tecnologia Social Didática e sua aproximação com diferentes proposições educacionais da Educação em Ciências

2.4.1 Aproximações de diferentes proposições educacionais com a TS

A partir do contexto apresentado no tópico anterior, surgiu a seguinte reflexão: *De que modo diferentes referenciais teóricos do ensino de Ciências se relacionam, se aproximam ou se distanciam da perspectiva das TSD?*

Ao aprofundar sobre os estudos que utilizam as TS em contextos educacionais (Norões, 2024), verifica-se aproximações significativas com distintos referenciais teóricos em ensino de Ciências, a partir de diferentes perspectivas: como a AST e a Investigação Temática do Tema Gerador em comunidades locais (Archanjo Junior; Gehlen, 2020; 2021; Archanjo Junior, 2024), o pensamento sociotécnico e ACT (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025), o processo sociotécnico (Serafim; Jesus; Faria, 2013), a permacultura (Gama; Allain, 2025) ou, a abordagem CTS (Roso, 2017; Archanjo Junior, 2024). Esses estudos, inicialmente, buscaram aproximar e/ou articular a TS com diferentes referenciais teóricos, em diálogo com diversas abordagens críticas de ensino, metodologias e perspectivas curriculares.

Dessa forma, com um olhar voltado para o cenário educacional, identificam-se estudos que discutem a inserção e as aproximações da TS ou TCS a partir de distintas abordagens críticas de ensino, que podem se aproximar do entendimento e da proposição de TSD para o contexto escolar. Por exemplo, os estudos de Archanjo Junior e Gehlen (2020; 2021) e de Santos *et al.* (2024) estão fundamentados em uma perspectiva freireana. Esses estudos exploram a inserção da TS por meio da perspectiva curricular da Investigação Temática (IT) (Freire, 1987). A partir de uma perspectiva de AST, propõem a inserção da TS em processos educativos e, a partir de uma demanda social/socioambiental local, nesse âmbito, buscam a superação dessas questões mediante o envolvimento de distintos atores sociais, abrangendo desde membros da comunidade escolar, como professores e estudantes, até a comunidade local, especialistas/técnicos, entre outros (Archanjo Junior; Gehlen, 2021). De forma semelhante, o estudo de Archanjo Junior (2024) apresenta uma proposta fundamentada na educação CTS, no Pensamento Latino-Americano em Ciência-Tecnologia-Sociedade (PLACTS) e nos pressupostos teórico-metodológicos freireanos.

Identificam-se também estudos que, a partir de uma perspectiva de reconfiguração curricular, desenvolvem propostas de Situações de Estudo (SE), como os de Fernandes e Allain (2021), Allain e Fernandes (2022) e o de Fernandes *et al.* (2024), que propõem a inserção de TS no contexto educacional mediante a articulação entre a SE e a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), configurando, o que os autores propõem em Situações de Estudo Potencialmente Significativas (Fernandes *et al.*, 2024). Destacam-se ainda as pesquisas de Gama e Allain (2025) e de Norões (2024), que, no contexto escolar, sugerem a inserção de TS da Permacultura.

Pensando no contexto educacional, Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025) concebem que as TS desses trabalhos são, na verdade, TSD a partir de um pensamento sociotécnico, segundo o qual os estudantes, ao estudá-las e desenvolvê-las, têm contato com conceitos científicos, discutem suas aplicações no contexto social em que vivem e buscam soluções para problemas reais de suas comunidades. Assim, é nesse sentido, que a TSD é compreendida como um modelo social didático voltado ao debate de questões sociais, políticas, econômicas e éticas (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), configurando-se como uma importante possibilidade para o ensino de Ciências.

Ao se considerar o estudo e o desenvolvimento de uma TS em uma comunidade, Serafim, Jesus e Faria (2013) a caracterizam como “processo sociotécnico”, relacionada à integração entre artefatos tecnológicos e processos sociais, considerando a interação entre os diferentes atores envolvidos, bem como as condições sociais, econômicas, culturais e

ambientais que influenciam a implementação e uso da TS. A concepção de TS defendida por Serafim, Jesus e Faria (2013), mesmo que voltada à comunidade, se aproxima da TSD, à medida que os autores partem da compreensão de que “toda a tecnologia é socialmente concebida e desenvolvida. Portanto, a tecnologia não é neutra, isto é, ela incorpora conjuntos de valores e interesses que a justificam e fundamentam”. As autoras ressaltam ainda que a definição de TS está vinculada à sua capacidade de atender às necessidades humanas, atuar como instrumento de transformação social e contribuir para a melhoria da qualidade de vida das populações em situação de pobreza ou vulnerabilidade social (Serafim; Jesus; Faria, 2013). Tal concepção dialoga diretamente com a noção de AST (Dagnino, 2020; Dagnino, 2014; Dagnino; Brandão; Novaes, 2004), à medida que reconhece que o desenvolvimento da TS deve ocorrer em consonância com as condições sociais, econômicas, culturais e ambientais específicas do contexto em que será implementada. Isso implica não apenas adaptar a tecnologia ao meio, mas também transformá-la a partir da participação dos diferentes atores sociais locais.

No contexto da educação em Ciências, Salas (2001) destaca a necessidade de repensar as práticas pedagógicas diante das grandes transformações globais contemporâneas nos campos econômico, político, social, ambiental e cultural. Ele argumenta que o modelo educacional atual não é mais suficiente e que se fazem necessárias “[...] estratégias educacionais diferentes das atuais, desde o nível inicial até o universitário, baseadas na análise da realidade e no estudo de teorias que contribuam para enriquecer a prática pedagógica” (Salas, 2001, p. 59, tradução do autor).

2.4.2 Aproximações entre a Tecnologia Social Didática e a Teoria da Atividade

Partindo do princípio de que as TSD possuem um marco conceitual-analítico próprio e em construção, passível de ser sustentado por referenciais teórico-metodológicos críticos ao contexto da Educação Científica, seria possível aproximá-las da Teoria da Atividade de Engeström (2002, 2016)?

Ao analisar estudos que discutem a Teoria da Atividade e ao aprofundar a definição de TSD, é possível identificar possíveis convergências com as proposições de Vygotsky (1978, 1998, 2012), Leontiev (1972, 1978, 2004) e Engeström (2002, 2016), especialmente quando se considera o contexto escolar.

A Teoria da Atividade se estende por três gerações de pesquisadores, sendo na primeira geração inicialmente formulada por Lev Semionovitch Vigotski, com foco na atividade individual. Posteriormente, na segunda geração, Alexei Leontiev desenvolveu proposições que

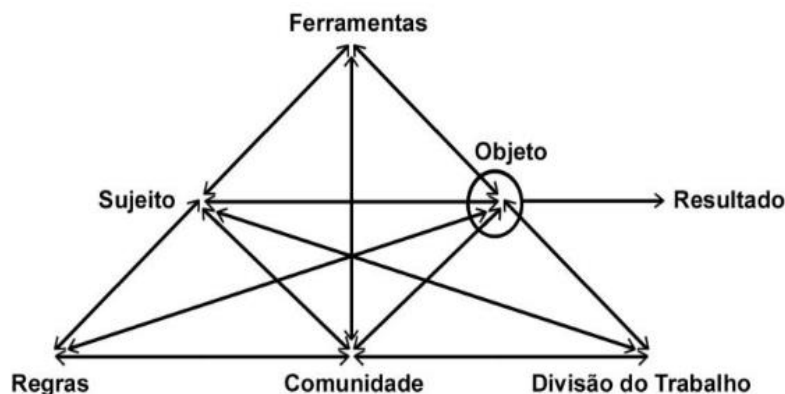
destacam a atividade coletiva e ampliada, por fim, Yrjö Engeström, pertencente à terceira geração, propôs a noção de redes de sistemas interativos de atividade.

Inicialmente, os estudos de Vygotsky (1998, 2012) sobre os conceitos de atividade e mediação enfatizam que a ação humana deve ser mediada pelas interações entre sujeito, objeto e instrumentos/artefatos mediadores. Nesse contexto, o indivíduo é compreendido a partir da socialização do pensamento, compartilhando suas atividades com outras pessoas e com o ambiente, direcionando essa socialização para um objetivo específico (Medeiros, 2021). Contudo, autores como Querol, Cassandre e Bulgacov (2014, p. 408) salientam que “uma limitação da proposta de Vygotsky é que a unidade de análise é focalizada apenas em indivíduos”.

Partindo da perspectiva previamente apresentada, Medeiros (2021) chama atenção para a proposta de Leontiev (1972, 1978, 2004), que expande a teoria de Vygotsky. O autor destaca que a atividade humana deve ser compreendida como um fenômeno coletivo, ou seja, não é apenas o indivíduo que age, mas grupos de pessoas que, em conjunto, transformam o ambiente em que estão inseridos. Ao ampliar a proposta de Vygotsky, Leontiev (1978) desenvolveu a Teoria da Atividade, com foco nas dinâmicas entre sujeito e objeto em contextos coletivos. Dessa forma, para o autor, toda atividade humana é sempre mediada socialmente.

Com base nas contribuições desses estudos (Leontiev, 1972, 1978, 2004; Vygotsky, 1998, 2012), Engeström (1987, 2002, 2016) propõe um sistema de atividades gerado por contradições, destacando o papel destas no desenvolvimento da atividade (Medeiros, 2021). Ao expandir a proposta inicial da Teoria da Atividade, centrada na relação entre **sujeito, objeto e ferramenta mediadora** (Vygotsky, 1978). Engeström (1987) apresenta um sistema (Figura 3) que descreve a estrutura da atividade humana e acrescenta três novos elementos: **regras, comunidade e divisão do trabalho**. O autor argumenta que tal proposição “[...] sugere a possibilidade de analisar uma multiplicidade de relações dentro de uma estrutura triangular da atividade. No entanto, a tarefa essencial é sempre compreender o todo sistêmico, e não apenas isolar conexões” (Engeström, 1987, p. 101, tradução do autor).

Figura 3. Estrutura de um sistema de atividade humana



Fonte: Engeström (2002) *apud* Medeiros (2021, p. 9).

Desse modo, ao relacionar os aspectos previamente apresentados, observa-se a possibilidade de realizar aproximações em estudos futuros que aprofundem e articulem os pressupostos de Vygotsky (1998, 2012), Leontiev (1972, 1978, 2004) e Engeström (1987; 2002, 2016) na Teoria da Atividade com a proposição das TSD enquanto **mediações sociotécnicas pedagógicas** voltadas para o ensino de Ciências. Com base na análise da Figura 3 e nas contribuições de diversos estudos de Engeström (1987, 2002, 2007, 2009, 2016), Brito *et al.* (2014), Medeiros (2021), Silva (2021) e Engeström e Sannino (2010), busca-se estabelecer aproximações entre a Teoria da Atividade e as TSD (Fernandes; Fernandes; Santos 2024; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025), de modo a explorar caminhos potenciais para um construto teórico.

A proposição de uma articulação entre a Teoria da Atividade e a TSD, concebida como mediação sociotécnica (Valadão; Andrade; Neto, 2014), parte do estudo de Engeström (2007, p. 258), ao salientar que, se as proposições fundamentadas na Teoria da Atividade forem “despojadas de sua análise histórica das contradições do capitalismo, ela se torna mais um conjunto de ferramentas”. Desse modo, a TSD, enquanto MSTP articulada ao escopo da Teoria da Atividade, configura-se como uma possibilidade que, no ambiente escolar, além da abordagem de aspectos conceituais, fomentar a participação, o debate e a ação voltada à superação das diferentes contradições e demandas sociais que impactam e influenciam o cotidiano da comunidade escolar e local (Archanjo Junior; Gehlen, 2021). Nesse sentido, a partir da análise da Figura 3, no contexto da Educação Básica, tem-se a seguinte organização:

Objeto: Segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), o objeto “[...] refere-se à ‘matéria-prima’ ou ‘espaço problemático’ para o qual a atividade é direcionada”. Nesse sentido, para Engeström (2001), o objeto ocupa uma posição central na Teoria da Atividade, ou seja, toda atividade é direcionada a um objeto, sendo ele o motivo pelo qual a atividade é realizada. No contexto educacional, conforme apontam Silva (2023) e Camillo e

Mattos (2014), o objeto é o que impulsiona a ação, estando diretamente relacionado às contradições vivenciadas pelos sujeitos. Ainda, segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), na Figura 3, o círculo ao redor do objeto representa “[...] ao mesmo tempo o papel focal e a ambiguidade inerente do objeto de atividade. O objeto é um convite à interpretação, à construção de sentido pessoal e à transformação social”. Dessa forma, Medeiros (2021) compreende que é necessário reconhecer que o objeto da atividade está em constante relação com o sujeito e os instrumentos (artefatos mediadores), inseridos em um contexto social.

Ao considerar os aspectos relacionados às TSD, o objeto, ou espaço problemático, destaca-se por corresponder às demandas sociais dos sujeitos presentes na comunidade escolar e local. Essas demandas envolvem questões de natureza ambiental, social, política, econômica e ética (Santos *et al.*, 2022), como a poluição, a escassez de água, a ausência de saneamento básico, entre outras necessidades concretas que impactam e influenciam diretamente a vida cotidiana dos estudantes. Tais problemáticas configuram-se como elementos centrais que direcionam a atividade (Engeström, 2007). Considerando as TS de Dagnino (2010, p. 6), o objeto da Teoria da Atividade teria relação com a “[...] questão das demandas ou necessidades sociais, dos problemas sociais, das necessidades básicas, das necessidades dos socialmente excluídos ou, simplesmente, das demandas da inclusão social [...]”.

Instrumento (Ferramentas mediadoras): Na Teoria da Atividade, segundo Engeström (2009), o instrumento consiste em qualquer artefato, material ou simbólico (processo), que medeia a ação do sujeito sobre o objeto da atividade (Engeström, 2009). É importante destacar que a TSD, enquanto ferramenta mediadora na Teoria da Atividade, não se limita a um simples instrumento, artefato tecnológico (Fabri; Silveira, 2013), ou tampouco, no contexto da educação, a um protótipo ou recurso didático (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024). O entendimento aqui apresentado para o artefato mediador (ferramentas mediadoras), na Teoria da Atividade de Engeström (1987; 2002; 2016), tem origem em estudos de Vygotsky (Vygotsky, 1978, 1998, 2012), que introduziu a noção de “mediação”, concebida pelo modelo triangular, da relação entre o sujeito, objeto e artefato mediador.

Dessa forma, Engeström (2001, 2015) salienta que Vygotsky propôs a inserção dos *artefatos culturais* nas ações humanas. Tal proposição foi, de certa forma, revolucionária, pois superou a divisão entre sujeito e sociedade, uma vez que, segundo Engeström (2001), o sujeito não pode ser compreendido separado de seu meio cultural, assim como a sociedade não pode ser entendida sem a ação dos indivíduos que usam e produzem artefatos. Buscando ampliar essa compreensão, Engeström (2001, p. 136, tradução do autor) propõe que a análise não se restrinja

ao elo individual entre sujeito e objeto, mas seja compreendida em um sistema “de atividade orientado para um objeto e mediado por um artefato”.

Nessa perspectiva, Medeiros (2021) compreende que, na Teoria da Atividade, os artefatos mediadores não são neutros, ou seja, não se configuram apenas como ferramentas utilizadas para alcançar um objetivo. A concepção de TSD como artefato mediador da Teoria da Atividade se aproxima da perspectiva de Serafim, Jesus e Faria (2013), que compreendem que um artefato, quando socialmente construído, incorpora visões de mundo, cultura, valores e interesses, não podendo ser considerado algo neutro ou somente instrumental. Ainda nessa perspectiva, fundamentando-se nos estudos de Vygotsky (1998, 2012), Leontiev (1972, 1978, 2004) e Engeström (2002, 2016) para sustentar a Teoria da Atividade, Medeiros (2021) compreende que:

Qualquer atividade recorre a alguns artefatos mediadores historicamente formados, recursos culturais comuns à sociedade em geral. Esses recursos podem ser combinados, usados e transformados em novas formas, numa atividade conjunta. As atividades são simultaneamente únicas e gerais, momentâneas e duráveis; elas resolvem problemas usando meios culturais gerais criados pelas gerações anteriores. (Medeiros, 2021, p. 5)

Partindo dessa perspectiva, a partir de estudos como o de Vygotsky (1998, 2012) Medeiros (2021), Engeström (2001; 2016) e das proposições de Silva (2021) e Brito *et al.* (2014), percebe-se que os instrumentos podem ser representados por ferramentas materiais (a TSD **como produto**) e/ou por ferramentas simbólicas (a intencionalidade docente, metodologias, abordagens, estratégias, recursos mobilizados para o trabalho e a construção da TSD, caracterizados **como processo**). Ou seja, as ferramentas mediadoras da Teoria da Atividade funcionam como uma MSTP da TSD (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), uma relação entre produto e processo, carregada de elementos educacionais, culturais, sociais, políticos, éticos, ambientais etc., que medeiam a relação do sujeito com o objeto social a ser compreendido, problematizado e debatido.

A partir de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes Santos e Fernandes (2025), visando como “resultado” da atividade a mobilização de uma ACT escolar como transformação social, a ferramenta mediadora é caracterizada pelo desenvolvimento de uma TSD (ferramenta material e/ou simbólica) como compreensão e solução de um problema/demanda social local (objeto) e da intencionalidade pedagógica (ferramenta simbólica) do professor (sujeito). A TSD, como ferramenta simbólica, se caracteriza pela intencionalidade docente em utilizar abordagens, metodologias e perspectivas curriculares, por exemplo, a adoção de uma abordagem CTS-Freire, os Três Momentos Pedagógicos (3MP), a

Situação de Estudo (SE), a Abordagem Temática Freireana (ATF), o Ensino de Ciências por Investigação (ENCI), o processo de construção da TSD como ferramenta material, entre outros para o trabalho com os atores sociais (comunidade social).

Sujeito: Segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), o sujeito “[...] refere-se ao indivíduo ou subgrupo cuja posição e ponto de vista são escolhidos como perspectiva da análise”. Engeström (2015, p. 120, tradução do autor) compreende que no sistema da teoria da atividade “o eu individual é substituído, ou melhor, alterado qualitativamente, por uma busca por um sujeito coletivo”.

No contexto da Educação Básica, onde ocorre o estudo e desenvolvimento das TSD, os sujeitos se constituem em diferentes atores sociais (Figura 4), em especial os **sujeitos da comunidade de especialistas**, como técnicos, membros da universidade e outros, que auxiliam o desenvolvimento da TSD na educação básica, os **sujeitos da comunidade escolar**, como professores, gestores e estudantes da educação básica, envolvidos diretamente no estudo e desenvolvimento das TSD. O processo de construção da TSD, como ferramenta simbólica, tem início na comunidade escolar, mobilizando outros sujeitos, novos atores sociais (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024), e passa a envolver, progressivamente, **os sujeitos da comunidade local**, como pais, responsáveis e moradores da região, no entendimento e na ação sobre o objeto problemático.

Figura 4. Relação entre diferentes sujeitos com o objeto da atividade

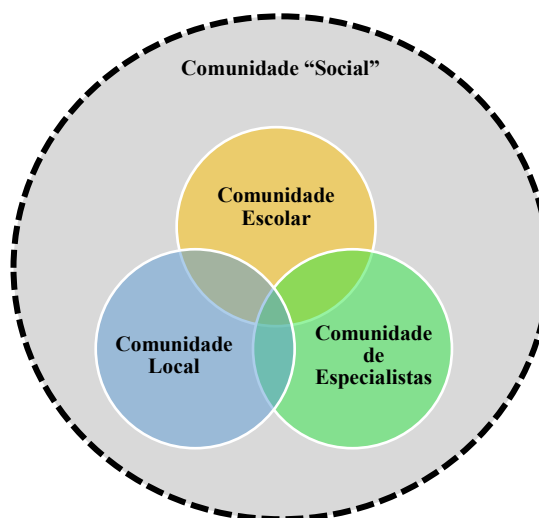


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Comunidade: Segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), a comunidade “[...] compreende os indivíduos e subgrupos que compartilham o mesmo objeto geral”. Desse modo, a comunidade engloba os diferentes atores sociais envolvidos no processo, ou seja, com um olhar mais amplo, como propõem Silva (2021) e Fernandes, Araújo e Santos (2022), para além da comunidade escolar, há também a participação de outros atores sociais.

Trata-se do que chamamos de uma “comunidade social” (Figura 5), com a participação de sujeitos da comunidade escolar, comunidade local e comunidade de especialistas. Por exemplo, no processo de construção das TSD (como ferramenta simbólica e/ou material), podem estar envolvidos docentes e licenciandos universitários, membros de grupos de pesquisa, especialistas, técnicos (comunidade de especialistas), bem como diferentes atores sociais pertencentes à comunidade escolar (professores, estudantes, diretores, supervisores, pais, responsáveis...) e à comunidade local (pais, comerciantes, membros de cooperativas, ONGs, associações etc.). Os pais são um exemplo de sujeitos que fazem parte da intersecção entre a comunidade local e a comunidade escolar. O professor de Ciências, pertencente à comunidade escolar, além de morador da comunidade local, é membro da comunidade de especialistas (grupo de pesquisa e pesquisador), torna-se um exemplo de sujeito que faz parte da intersecção da comunidade social.

Figura 5. Relação da “comunidade social” com diferentes grupos sociais



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quando se consideram tais aspectos na teoria da atividade, Engeström, (2010) compreende que os sujeitos envolvidos interagem entre si, visando alcançar os resultados desejados. Nesse contexto, Brito *et al.* (2014, p. 222) compreendem que as “[...] interações dos sujeitos e de toda a comunidade são mediadas por ferramentas, regras e divisão de trabalho”.

Divisão do trabalho: Segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor) “[...] refere-se à divisão horizontal de tarefas e à divisão vertical de poder e *status*”. Nessa perspectiva, Querol, Cassandre e Bulgacov (2014, p. 409) entendem a divisão do trabalho como a “[...] divisão de tarefas entre os indivíduos da comunidade”. Ao considerar essa perspectiva no contexto do estudo e desenvolvimento das TSD, observa-se, conforme as proposições de

Fernandes, Araújo e Santos (2022) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024), que esse processo envolve a participação de diversos atores sociais (sujeitos), assim por meio da divisão de trabalho é possível propor uma “[...] organização explícita e implícita de uma comunidade como relacionada com o processo de transformação do objeto para o resultado” (Brito *et al.*, 2014, p. 222).

Com um problema social que é objeto da atividade, a divisão de trabalho, a partir da TSD envolve a participação dos professores e estudantes da Educação Básica (sujeitos e comunidade escolar) e com o envolvimento de maior ou menor intensidade dos grupos de sujeitos da comunidade local e comunidade de especialistas (professores e estudantes universitários, técnicos de extensão e grupos de pesquisa). A divisão de trabalho na comunidade escolar também envolve a mobilização dos estudantes (sujeitos) para estudar e aprender conceitos científicos, tecnológicos e estabelecer inter-relações com questões de distintas naturezas, sejam elas ambientais, políticas, éticas, econômicas (objeto), a partir do desenvolvimento das TSD (artefato mediador/ferramentas materiais e simbólicas). O objetivo final (resultado) é entender o “espaço problemático” (objeto) e alcançar o envolvimento direto da comunidade local para o desenvolvimento da TS (material e/ou simbólica) frente às demandas identificadas.

Regras: Segundo Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), as regras de um sistema de atividades humanas “[...] referem-se aos regulamentos, normas, convenções e padrões explícitos e implícitos que restringem as ações dentro do sistema de atividades”. No contexto das TSD, e com base nas proposições de Silva (2021) e Brito *et al.* (2014), as regras podem ser representadas pelos currículos e diretrizes educacionais, tanto em nível institucional, como o Projeto Político-Pedagógico (PPP) e o Regimento Escolar, quanto em um nível normativo mais amplo, como a BNCC (Brasil, 2018) e demais documentos curriculares estaduais vigentes. De acordo com Fernandes, Fernandes e Santos (2024), o desenvolvimento de uma TSD pode ser impulsionado pela intencionalidade do professor, ou seja, segundo Cerutti e Nogaro (2017) por sua ação consciente e planejada ao reconfigurar o ensino dos conteúdos científicos ou até mesmo o currículo da disciplina de Ciências, assim no contexto das TSD, buscando adaptar e reorganizar os conteúdos, com o objetivo de incorporá-las no processo educativo.

As regras também dependem da comunidade social, que pode ser inclusiva e exclusiva, por exemplo, Norões (2024) teve limitações em desenvolver uma Bacia de Evapotranspiração na comunidade escolar de sua pesquisa, devido às restrições apresentadas pelo município. Fernandes *et al.* (2024) desenvolveram um protótipo de aquecedor solar, uma vez que a escola

não autorizou a sua instalação no espaço escolar, de modo que o trabalho desses pesquisadores se concentrou na TSD mais como processo do que como produto.

Resultado: Para Engeström e Sannino (2010, p. 6, tradução do autor), “o objeto é transformado em resultados com o auxílio de instrumentos”. Desta forma, a partir das ferramentas da estrutura de um sistema de atividades humanas (desenvolvimento das TSD, da intencionalidade docente, conhecimentos científicos e tecnológicos mobilizados e articulados com os conhecimentos prévios, a partir de alguns conhecimentos populares), como resultados, espera-se observar o desenvolvimento de uma ACT escolar, além da mobilização e da consciência crítica, tanto da comunidade escolar como a local no desenvolvimento de TS frente a demandas sociais locais presentes na comunidade (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024).

Tentando compreender melhor como as TSD se relacionam com a Teoria da Atividade, pode-se citar Engeström (1999) *apud* Medeiros (2021), que argumenta:

A teoria da atividade tem contribuído significativamente para o conhecimento multidisciplinar em práticas culturais e cognitivas. Sua abordagem deve ser ampla e trazer uma nova perspectiva, desenvolvendo padrões conceituais para lidar com muitas das questões teóricas e metodológicas que desafiam as ciências atualmente. (Engeström, 1999 *apud* Medeiros 2021, p. 3).

Dessa forma, buscou-se nesse tópico aproximar a discussão e proposição da TSD aos princípios da Teoria da Atividade, que enfatiza a mediação de artefatos culturais e sociais no processo de ensino e aprendizagem (Vygotsky, 1998; Engeström, 2002, 2016; Medeiros, 2021). Nesse contexto, compreende-se que as TSD podem atuar como ferramentas mediadoras (materiais e simbólicas) que articulam os elementos de um sistema de atividade, sujeito, objeto, comunidade, regras e divisão do trabalho por meio de uma MSTP. Tal perspectiva no contexto escolar, aproxima-se do que enfatiza Archanjo Junior (2021), as TS, consistem em:

[...] desenvolver processos formativos, produtivos e educativos com a participação de distintos atores sociais (pesquisadores, professores, comunidade escolar, moradores locais, representantes do poder público, líderes sociais etc.), a partir da interação entre os conhecimentos científicos e populares/tradicionais a fim de promover o compromisso com a sustentabilidade econômica, social, cultural e ambiental, na tentativa de transformar a realidade da comunidade local. (Archanjo Junior, 2021, p. 155).

Nesta perspectiva, ao relacionar a Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016) e o desenvolvimento das TSD, propõe-se, inicialmente, compreendê-las como ferramentas mediadoras da MSTP, promovendo a atividade coletiva entre diferentes atores sociais, conectando o ensino de Ciências às demandas e realidades da comunidade local e, contribuindo para o desenvolvimento de uma ACT escolar (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

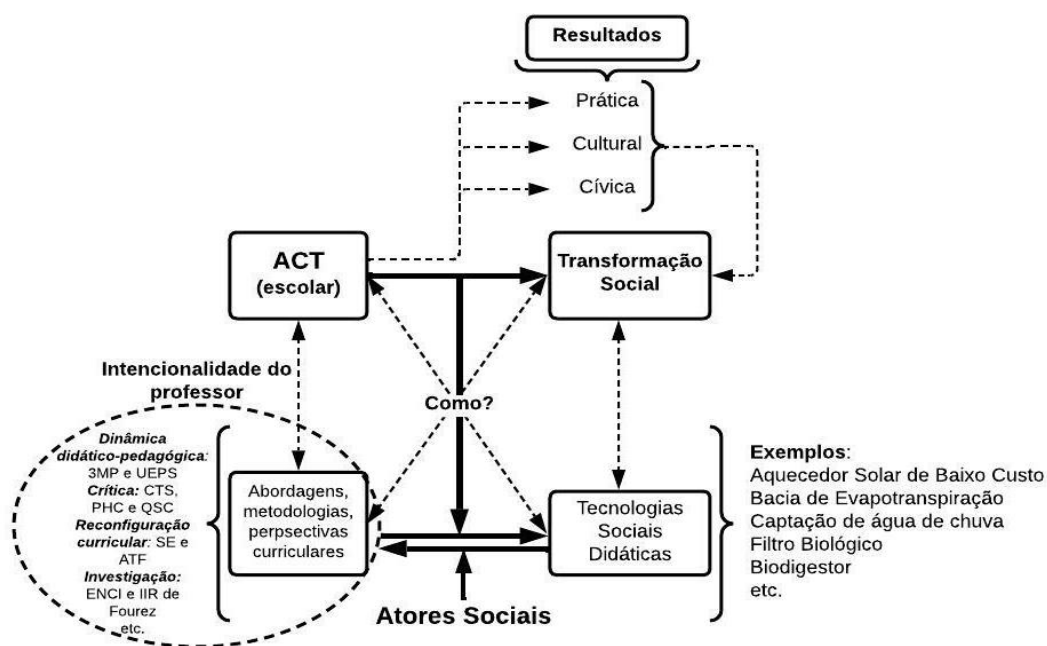
2.5 A Tecnologia Social Didática como Ferramenta Simbólica e Material da Teoria da Atividade: um exemplo da Mediação Sociotécnica Pedagógica

Estudos como os de Allain e Fernandes (2022), Roso (2017) e Archanjo Junior e Gehlen (2020; 2021) têm explorado a integração das TS no contexto escolar. Nesse sentido, tendo como base as proposições de Fernandes, Fernandes e Santos (2024), delineamos essa integração por meio de uma mediação sociotécnica (Valadão; Andrade; Neto, 2014) pedagógica, que na Teoria da Atividade visa a ação sobre um objeto que por sua vez é transformado em resultados com o auxílio das ferramentas/artefatos mediadores (materiais e/ou simbólicos). Assim, tendo como base os elementos constitutivos de um sistema de atividades humanas, como o desenvolvimento das TSD (processo + produto), a intencionalidade docente, os conhecimentos científicos e tecnológicos mobilizados e articulados aos conhecimentos prévios e culturais, espera-se, como resultados, não apenas o desenvolvimento de uma ACT escolar (resultado), mas também a mobilização da comunidade escolar, a formação da consciência crítica e a ampliação da capacidade de atuação da comunidade local na ação sobre as demandas sociais concretas (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024).

Com um olhar voltado para a Educação Básica, Centa e Muenchen (2018) explicam que o modelo educacional predominante na maioria das escolas é fragmentado, linear e propedêutico, isto é, voltado apenas para preparar os alunos para etapas seguintes, como ingressar em uma universidade e/ou no mercado de trabalho.

Dessa forma, visando um ensino de Ciências que se distancie dessa realidade, a utilização de dinâmicas didático-pedagógicas para abordar diferentes temáticas e conceitos revela-se de grande importância. Com base nesses aspectos previamente apresentados, autores como Silva e Lorenzetti (2020, p. 3) destacam que, além de um planejamento diferenciado, é necessária também “[...] uma atuação docente que enfatize uma educação crítica, transformadora, inovadora e formadora de opiniões”. Conforme apontado por Fernandes, Fernandes e Santos (2024), a utilização de diferentes abordagens, metodologias e perspectivas curriculares (Figura 6), atreladas à intencionalidade pedagógica do professor, emerge como uma possibilidade para promover uma ACT no contexto escolar.

Figura 6. Modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT escolar como transformação social a partir de uma TSD



Fonte: Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 11).

Partindo desse pressuposto, com base na análise da Figura 6 e nas considerações de Fernandes (2025) acerca da importância da intencionalidade pedagógica do professor no processo educativo, destaca-se que, por meio de uma atuação consciente na Educação Básica, o docente pode se apoiar em diversas metodologias e abordagens pedagógicas, promover reconfigurações curriculares e estabelecer colaborações com diferentes agentes sociais, sejam eles da comunidade escolar, local, de especialistas ou de outros contextos (Fernandes, 2025).

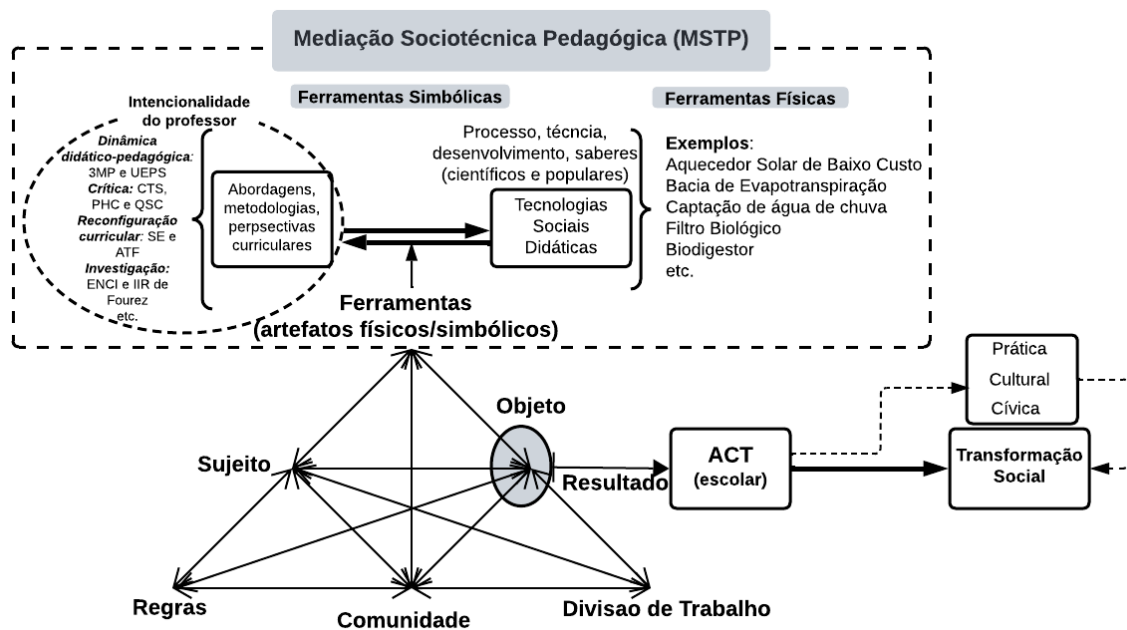
Para Pastoriza (2021, p. 3), a intencionalidade pedagógica constitui-se como um “processo intencionalmente intencional, objetivamente objetivado e conscientemente consciente” e, nesse contexto, exige do professor não apenas uma escolha, mas uma justificativa crítica e fundamentada de suas ações didáticas, indo além do automatismo ou da repetição de práticas tradicionais (Pastoriza, 2021). Complementando esse entendimento, Souza (2024) define a intencionalidade pedagógica como algo “[...] fundamental para garantir que as atividades desenvolvidas em sala de aula sejam significativas e contribuam efetivamente para o aprendizado dos alunos”.

Dessa forma, com base nos aspectos previamente discutidos e na proposição apresentada (Figura 6), observa-se que, para a abordagem de diferentes temáticas, conceitos e conteúdos, a utilização de diversas metodologias, abordagens e perspectivas curriculares, aliada ao desenvolvimento de TSD, pode, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 11), “[...] facilitar o processo de desenvolvimento da ACT como transformação social, na sala de aula” e, visando ao seu alcance na Educação Básica:

[...] o professor, a partir da sua intencionalidade (podendo ser amparado pelos atores sociais, principalmente a comunidade escolar), mobiliza abordagens, metodologias, perspectivas curriculares etc., em diferentes perspectivas: dinâmicas didático-pedagógicas, críticas, reconfigurações curriculares, investigativas etc. [...] relacionando-as com a TS Didática. (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 11).

O modelo representado na Figura 7 é um exemplo da relação da Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016) no campo educacional (Figura 3) com o modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT no contexto escolar como transformação social a partir de uma TSD (Figura 6). A Figura 7 demonstra como a mediação didática, quando intencional, crítica e situada, pode transformar o processo educativo em uma atividade social crítica, capaz de promover uma ACT com potencial de gerar transformações sociais concretas.

Figura 7. Relação entre a estrutura de um sistema de atividade humana com o modelo teórico-metodológico para o desenvolvimento de uma ACT escolar a partir da MSTP de uma TSD



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Fernandes, Fernandes e Santos, (2024, p. 11).

Na perspectiva da Teoria da Atividade de Engeström (2002, 2016), o objeto constitui o núcleo dinâmico do sistema de atividade, pois é ele que confere sentido às ações dos sujeitos, emerge das necessidades sociais vividas e orienta a transformação das práticas. No contexto educacional, representado na Figura 7, o objeto da atividade está vinculado a questões socialmente significativas para a comunidade escolar e local, sendo a atividade dos estudantes sobre o objeto um meio de promover processos de ACT comprometidos com a sua realidade.

Esse objeto, no entanto, não é algo dado ou fixo. Ele se constitui e se transforma ao longo do processo educativo, por meio das interações entre os diversos sujeitos envolvidos,

comunidades escolares, locais e de especialistas, bem como da TSD, constituída por ferramentas simbólicas como a abordagem crítica de ensino, metodologias investigativas, reconfigurações curriculares e por ferramentas materiais, como por exemplo o produto de TSD que medeiam o processo. As regras institucionais e a divisão do trabalho também participam desse processo, mas é a intencionalidade pedagógica do professor, planejada e crítica, que impulsiona a ressignificação contínua do objeto e orienta a atividade para fins formativos e transformadores.

As TSD, nesse contexto, não operam como meras ferramentas instrumentais, não são protótipos e tampouco projetos educacionais. Ao contrário, são **mediações sociotécnicas pedagógicas construídas colaborativamente e apoiadas em realidades locais, que integram conhecimentos científicos, saberes comunitários e valores sociais**. Quando apropriadas de forma crítica pelos professores e estudantes, as TSD viabilizam experiências educativas em torno de temas como energia sustentável, reaproveitamento da água, manejo de resíduos, entre outros, permitindo que o objeto da atividade se amplie para além da dimensão cognitiva, alcançando esferas sociais, culturais e éticas da formação.

Dessa forma, a Figura 7 não apenas esquematiza os componentes de um sistema de atividade, mas evidencia que a transformação do objeto, de um conteúdo disciplinar isolado para uma prática educativa contextualizada e socialmente situada, é resultado da mediação consciente dos sujeitos, em especial dos professores, cuja ação pedagógica vai além da reprodução de conteúdos disciplinares. No contexto do ensino, as TSD se concretizam pela articulação de diferentes abordagens, metodologias e perspectivas curriculares (ferramentas simbólicas) com o produto final (ferramenta material) (Figura 7).

Nesta dissertação, ao desenvolver uma proposta fundamentada na Teoria da Atividade, a partir dos aspectos previamente apresentados, busca-se, por meio da articulação entre ferramenta simbólica e material da TSD, contribuir para a formação de sujeitos capazes de compreender, agir e transformar o mundo em que vivem, para além da sala de aula e em direção à construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

2.6 Considerações Finais

Diante das reflexões apresentadas, torna-se evidente que tanto a Ciência quanto a Tecnologia não podem ser compreendidas de forma simplista ou dissociadas de seus contextos históricos, sociais e culturais (Dionysio *et al.*, 2020). A Ciência, enquanto construção humana, está em constante transformação e é permeada por valores, interesses e disputas, o que refuta a ideia de neutralidade e de verdade absoluta (Feenberg, 2002). Do mesmo modo, a Tecnologia

vai além da visão limitada de artefatos e dispositivos eletrônicos, configurando-se como resultado de processos complexos que envolvem conhecimentos, práticas e múltiplas influências na sociedade contemporânea. Compreender esses aspectos e suas implicações é fundamental, especialmente no contexto educacional, para que possamos formar cidadãos capazes de refletir criticamente sobre os impactos da ciência e da tecnologia, bem como sobre suas múltiplas inter-relações na vida cotidiana e na sociedade.

A partir das discussões previamente apresentadas ao longo deste capítulo, as TS e as TSD se configuram como alternativas ao modelo hegemônico representado pelas TC. Enquanto as TC se fundamentam nos pilares do mercado, da eficiência produtiva e da exclusão de saberes e sujeitos, as TS propõem caminhos baseados na inclusão, na sustentabilidade, na valorização dos saberes locais e na participação ativa das comunidades na resolução de problemas de diferentes naturezas que as afetam. As TSD, por sua vez, ampliam esse potencial ao se inserirem no contexto educacional, articulando o desenvolvimento de uma ACT socialmente transformadora.

As proposições aqui apresentadas evidenciam aproximações entre as TSD e referenciais teóricos que dialogam com essa concepção, apontando possibilidades para que futuros estudos aprofundem sua compreensão a partir de uma MSTP, em diálogo com contribuições como as da Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016). Reitera-se que, na Teoria da Atividade, as TSD, com base em Latour (2001) e Valadão, Andrade e Neto (2014), se constituem como a materialização de uma MSTP, em que no processo de mediação que a TSD se realiza, ela mobiliza para o ambiente de sala de aula, as demandas e problemas sociais e socioambientais locais (objeto), as alternativas de solução/ação sobre o objeto da atividade (TSD/ferramentas materiais e simbólicas) e por meio da intencionalidade docente (sujeito), a partir de uma abordagem, como por exemplo a CTS-Freire (ferramentas simbólicas), desenvolvida em interação com diferentes atores da comunidade social.

Um risco comum ao aproximar a TSD e a Teoria da Atividade é reproduzir, mesmo que involuntariamente, uma lógica tecnocrática, ou seja, uma visão que valoriza apenas o aspecto instrumental e técnico das ações educativas, em detrimento das dimensões humanas, políticas, culturais e éticas que são demandadas. Para evitar uma visão tecnocrática no uso das TSD na educação, é essencial dar atenção à intencionalidade crítica do professor, valorizar o trabalho reflexivo e pensamento sociotécnico e sociocientífico dos estudantes e valorizar a cocriação com a comunidade local. Em vez de tratar as TSD como soluções neutras ou técnicas, deve-se compreendê-las como práticas sociais contextualizadas, carregadas de valores e potencialmente transformadoras. Apoiado na Teoria da Atividade de Engeström (2002, 2016) e em autores

como Freire (2013) e Auler (2002; 2007), destaca-se que o ensino deve promover autonomia, criticidade e engajamento com problemas reais, substituindo a lógica da “implementação eficiente” por uma mobilização crítica e contextualizada. Assim, a educação assume um papel político e formativo, e não apenas técnico ou reprodutivo.

Dessa forma, com base nas proposições teóricas apresentadas nesse capítulo, com destaque para a Figura 7, propõe-se, no próximo capítulo, uma abordagem pedagógica centrada no desenvolvimento de um Produto Educacional que, por meio da elaboração de uma TSD, se adote uma proposição que se distancie da perspectiva tecnocrática de ensino, a partir da abordagem CTS-Freire e envolvendo distintos atores sociais da comunidade escolar e local. O objetivo é promover um ensino de Ciências comprometido com a consolidação de uma ACT no contexto escolar, integrando os problemas e as inter-relações que permeiam o cotidiano dos estudantes. Com isso, busca-se fomentar um ensino que vá além da mera transmissão de conteúdos, abordando criticamente aspectos ambientais, sociais, econômicos e outros, como sustentabilidade, justiça ambiental, recursos hídricos e mudanças climáticas, possibilitando que o ensino de Ciências estabeleça um diálogo mais significativo com a vida cotidiana dos estudantes.

2.7 Referências Bibliográficas

- ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.
- ALLAIN, L. R.; GOULART, M. F.; MENDONÇA FILHO, C. V. **Diálogos entre Educação e Permacultura: formando professores para a sustentabilidade: atividades interdisciplinares para a educação básica**. Diamantina: Grupo de Estudos e Práticas em Permacultura/GEPP UFVJM, 2021. 58 p.
- ALMEIDA, A. S. A contribuição da extensão universitária para o desenvolvimento de Tecnologias Sociais In: REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL – RTS (Org.). **Tecnologia social e desenvolvimento sustentável: contribuições da RTS para a formulação de uma política de Estado de ciência, tecnologia e inovação**. 1. ed. Brasília: Secretaria Executiva da Rede de Tecnologia Social, 2010. p. 9-15.
- ALMEIDA, E. S.; GEHLEN, S. T. Organização curricular na perspectiva Freire-CTS: propósitos e possibilidades para a Educação em Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 21, n. e11994, p. 1-24, 2019.
- ALVEAR, C. A. S.; CAMPOS, B. C. P.; FORIGO, A. A.; CRUZ, L. G. O conceito de tecnologia social e o prêmio Fundação Banco do Brasil de tecnologia social: metodologia é tecnologia? **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 20, n. 60, p. 94-116, 2024.
- ARAÚJO, Y. L. F. M. **Enfoques de CTS no ensino de Ciências e Biologia**. São Cristóvão: CESAD, 2012. 15 p.

ARCHANJO JUNIOR, M. G. **Tecnologia Social no contexto de uma comunidade escolar: limites e possibilidades para a Educação em Ciências**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2019.

ARCHANJO JUNIOR, M. G.; GEHLEN, S. T. A Tecnologia Social e sua Contribuição para a Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p. 345-374, 2020.

ARCHANJO JUNIOR, M. G.; GEHLEN, S. T. A tecnologia social na programação de um currículo crítico-transformador na educação em ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, p. e24929, 2021.

ARCHANJO JUNIOR, M. G. **Tecnociência Crítico-Transformadora: Possibilidades para Ressignificar Processos Formativos, Educativos e Produtivos para a Educação em Ciências**. 2024. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Formação de Professores, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2024.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp, p. 1-20, 2007.

BRASIL. Senado Federal. **Projeto de Lei nº 3329, de 2015** (Originário do PL nº 111, de 2011). *Institui a Política Nacional de Tecnologia Social*. Brasília, DF: Senado Federal, 2015. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2018288>.

Acesso em: 6 out. 2025.

BRITO, J. A.; CARVALHO, R. S.; MELO, R. M.; GOMES, A. S.; SILVA, J. C. S.; MELO FILHO, I. J. Modelagem da atividade docente com uso de recursos tecnológicos à luz da Teoria da Atividade. **Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información**, [S.L.], p. 221-225, 2014.

CALVÃO, A. L.; ALLAIN, L. R. **Ecotecnologias Sociais**. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2021. 23 p.

CALVÃO, A. L.; GAMA, B. S. Conhecendo algumas tecnologias sociais da Permacultura. In: ALLAIN, L. R., FERNANDES, G. W. R., (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 2, p. 49-76.

CAMILLO, J.; MATTOS, C. Educação em ciências e a teoria da atividade cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 16, n. 1, p. 211-230, 2014.

CENTA, F. G.; MUENCHEN, C. O trabalho coletivo e interdisciplinar em uma reorientação curricular na perspectiva da Abordagem Temática Freireana. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 68-93, 2018.

CORREIA, R. F. **Tecnologia e Sociedade: análise de tecnologias sociais no Brasil contemporâneo**. 2010. 149f. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Programa de Pós-graduação em Sociologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F. C.; NOVAES, H. T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 15-64

DAGNINO, R. Tecnologia social: retomando o debate. **Espacios**, v. 27, n. 2, p. 18-23, 2006.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade**. 2ed. Campinas: Komedi, 2010. 184 p.

DAGNINO, R. Um dilema latino-americano: ciência e tecnologia para a sociedade ou adequação sócio-técnica com o povo? In: DAGNINO, R. P. (Org.). **Estudos sociais da ciência e tecnologia & política de ciência e tecnologia: alternativas para uma nova América Latina**. Campina Grande: EDUEPB, 2010. p. 265–292.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. 2. ed. Campina Grande: Editara Insular, 2014. 317 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/7hbdtd>. Acesso em: 29 mar. 2025.

DAGNINO, R. **Tecnociência Solidária: um manual estratégico**. 2. ed. Marília: Editora Lutas Anticapital, 2020. 183 p.

DIONYSIO, R. B.; CHRISPINO, A.; CARVALHO, A. P. M.; MENEZES, R. F. A.; XAVIER, G. P. O. Representatividade de Paulo Freire no ensino de CTS brasileiro: olhares por meio da análise de redes sociais. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 460-476, 2020.

DUQUE, T. O.; VALADÃO, J. A. D. Abordagens teóricas de tecnologia social no Brasil. **Revista pensamento contemporâneo em administração**, v. 11, n. 5, p. 1-19, 2017.

ENGESTRÖM, Y. **Aprendizagem expansiva**. Tradução: Fernanda Liberali. 2. ed. Campinas, SP: Pontes, 2016.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: An activity-theoretical approach to development research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: Toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of education and work**, v. 14, n. 1, p. 133-156, 2001.

ENGESTRÖM, Y. Non Scolae sed vitar discimus. Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (org.). **Uma introdução a Vygotsky**. Tradução Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002.

ENGESTRÖM, Y. Enriching activity theory without shortcuts. **Interacting with computers**, v. 20, n. 2, p. 256-259, 2007.

ENGESTRÖM, Y. The Future of Activity Theory: A Rough Draft. In: SANNINO, Annalisa; DANIELS, Harry; GUTIÉRREZ, Kris D. **Learning and expanding with activity theory**. New York: Cambridge University Press, 2009. p. 303-329.

ENGESTRÖM, Y. Activity theory and learning at work. In: MALLOCH, M.; CAIRNS, L.; EVANS, K.; O'CONNOR, B. N. (org.). **The SAGE handbook of workplace learning**. London: Sage, 2010. p. 86–104.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. 2. ed. Helsinki: Cambridge University Press, 2015. 340 p.

ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, Helsinki, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

FABRI, F.; SILVEIRA, R. M. C. F. O ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sob a ótica CTS: uma proposta de trabalho diante dos artefatos tecnológicos que norteiam o cotidiano dos alunos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 77-105, 2013.

FEENBERG, A. **Transforming technology: A critical theory revisited**. Oxford University Press, 2002.

FERNANDES, G. W. R. Há uma Crise na Alfabetização Científica e Tecnológica? Uma Reflexão Crítica Sobre STEM e Transformação Social. **Vestigare: Revista de Pesquisa em Educação Ciências e Tecnologias**, Palotina, n. 1, p. 4-28, 2025.

FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R. Diálogos entre situação de estudo e permacultura: uma proposta interdisciplinar para o ensino de ciências. In: MASSENA, E. P.; RODRÍGUEZ, A. S. M. (Org.). **Reconfiguração curricular no ensino de ciências**. Ijuí: Editora Unijuí, 2021. cap. 8, p. 139-154.

FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R.; DIAS, I. R. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

FERNANDES, G. W. R.; ARAÚJO, A. O.; SANTOS, D. L. Proposições de situações de estudo a partir de práticas de permacultura e tecnologias sociais. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. Cap. 5, p. 117-124.

FERNANDES, G. W. R.; BARBOSA, G. M.; ALLAIN, L. R.; SANTOS, D. L. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Integrada 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**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 231–259, 2024. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231.

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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)**, v. 26, e53183, p. 1-21, 2024.

FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. 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**, v. 25, n. e53657, p. 1-29, 2025.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. R. Reflexões sobre o papel do Cientista e a Natureza da Ciência e da Tecnologia. In: FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. R. (Org.). **Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2021. Cap. 3, p. 95-140.

FREITAS, W. P. S. **O Enfoque CTS na Formação Inicial de Professores: Compreensões e Obstáculos para uma Ação Docente crítico-transformadora**. 2018. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.

Fundação Banco do Brasil. **A Tecnologia é Social**. 2021. Disponível em: <https://ra2022.fbb.org.br/a-fundacao/a-tecnologia-e-social.html>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

- GAMA, B. S.; ALLAIN, L. R. A Permacultura e sua Dimensão Axiológica na Afet (ação) de Estudantes do Ensino Fundamental. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-25, 2025.
- GAMA, B. S.; GUEDES, B. G. A.; ALLAIN, L. R.; GOULART, M. F.; CALVÃO, A. L. Permacultura e Tecnologias Sociais: bases conceituais. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 1, p. 29-48.
- GOULART, M. F.; AMORIM, S. C.; RODRIGUES, A. C. O.; ALLAIN, L. R. Aproximações e contrapontos entre a Permacultura e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). In: ALLAIN, Luciana Resende; FERNANDES, Geraldo W. Rocha. **Tecnologias Sociais da Permacultura & Educação Científica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 3. p. 79-100.
- HAGE, E. Aspectos Históricos sobre o Desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia de Polímeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 8, p. 6-9, 1998.
- HARARI, Yuval Noah. **Nexus: uma breve história das redes de informação, da idade da pedra à inteligência artificial**. São Paulo: Editora Schwarcz, 2024. 604 p. Versão em ePUB.
- ITS BRASIL. **Caderno de Debate – Tecnologia Social no Brasil**. São Paulo: ITS. 2004: 26.
- LATOUR, B. **A Esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos**. Bauru: Editora da Universidade do Sagrado Coração, 2001. 186 p. Tradução de: Gilson César Cardoso de Sousa.
- LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. C. As macro tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & sociedade**, v. 17, n. 1, p. 23-40, 2014.
- LEONTIEV, A. N. **Atividade e consciência**. 1972. Arquivo Marxista na Internet. Disponível em: <https://www.marxists.org/portugues/leontiev/1972/mes/atividade.htm>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte Universitário, 1978.
- LEONTIEV, A.N. **O desenvolvimento do psiquismo**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2004
- MARQUES, S. G. **Enfoque CTS no Brasil: olhar sobre as práticas implementadas no ensino médio**. 2015. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Exatas, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2015.
- MEDEIROS, S. M. A. A teoria da atividade em Vygotsky, Leontiev e Engeström: os fundamentos da aprendizagem expansiva. **Revista HISTEDBR on-line**, v. 21, n. e021051, p. 1-24, 2021.
- MENESSES, N. M. **Aplicação e validação de uma sequência didática sobre poluição das águas com base na abordagem CTS em uma turma do ensino médio de química**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- MITCHAM, C. **Thinking through technology: the path between engineering and philosophy**. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.
- MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NEVES, J. A.; PIERSON, A. H. C. Interações Discursivas, Práticas Epistêmicas e o Ensino de Relatividade Restrita. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, n. e33345, p. 1-31, 2022.

NORÕES, A. M. **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Desafios e Possibilidades da Bacia de Evapotranspiração para Promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica**. 2024. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2024.

NOVAES, H. T.; DIAS, R. Contribuições ao Marco Analítico-Conceitual da Tecnologia Social. In: DAGNINO, R. **Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade**. Campinas: Komedi, 2009. Cap. 1. p. 17-53.

OLIVEIRA, E. C.; GUERRA, C.; COSTA, N.; DEL PINO, J. C. Abordagem CTS em manuais escolares de Química do 10º ano em Portugal: um estudo de avaliação. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 4, p. 891-910, 2018.

OTTERLOO, A. M. C. A tecnologia a serviço da inclusão social e como política pública. In: REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL – RTS (Org.). **Tecnologia social e desenvolvimento sustentável: contribuições da RTS para a formulação de uma política de Estado de ciência, tecnologia e inovação**. 1. ed. Brasília: Secretaria Executiva da Rede de Tecnologia Social, 2010. p. 17-24.

PASTORIZA, B. S. Ensaio sobre intencionalidade pedagógica e tradição: um tensionamento como princípio educativo. **Acta Scientiarum Education**, v. 44, n. e52706, p. 1-13, 2022.

PEREZ, L. C. **Uma Proposta para Alfabetização Científica e Tecnológica sobre Nanoestruturas em Cosméticos**. 2021. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021.

PEREIRA, L. C.; FREITAS, C. C. G. Educação na tecnologia social: análise de experiências. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 14, n. 30, p. 105-120, 2018.

PEREIRA, V. C.; PAULA, A. P. O diálogo de saberes como concepção na construção do conhecimento e método de trabalho na educação do campo. **Revista Exitus**, n. 12, p. 40, 2022.

PINHEIRO, E. B. **Práticas educativas ético-críticas: desafios à mobilização de conhecimentos na transformação da realidade injusta**. 2023. 242 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

QUEROL, M. A. P.; CASSANDRE, M. P.; BULGACOV, Y. L. M. Teoria da Atividade: contribuições conceituais e metodológicas para o estudo da aprendizagem organizacional. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 2p. 405-416, 2014.

RAMOS, T. C.; SILVA, F. C.; MENDONÇA, P. C. C. Epistemic Practices Created by Discursive Interactions between Pre-service Chemistry Teachers. **Science & Education**, p. 1-34, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11191-025-00661-0>

Rede de Tecnologia Social (RTS). **Relatório de 6 anos da RTS – abril de 2005 a maio de 2011**. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2011.

ROSO, C. C. **Transformações na Educação CTS: uma proposta a partir do conceito de Tecnologia Social**. 2017. 190p. Tese. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

- ROSO, C. C.; AULER, D. A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 2, p. 371-389, 2016.
- SALAS, A. L. C. Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vigotsky. **Revista educación**, v. 25, n. 2, p. 59-65, 2001.
- SANTOS, A. J.; SANTOS, P. J.; ARCHANJO JUNIOR, M. G.; GEHLEN, S. T. A Perspectiva Freireana e a Tecnologia Social no Currículo do Ensino Médio Integral: Contribuições para o ensino de ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 34, 2024.
- SANTOS, K. A.; ALLAIN, L. R.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. Aproximações das Práticas de Permacultura com a Interdisciplinaridade, Metodologias Ativas e Alfabetização Científica. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 4, p. 101-114.
- SERAFIM, M. P.; JESUS, V. M. B.; FARIA, J. Tecnologia Social, agroecologia e agricultura familiar: análises sobre um processo sociotécnico. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 20, n. 1, p. 169-181, 2013.
- SILVA, R. M. Reorientação Curricular e Formação de Professores de Ciências em Pau Brasil/BA a Partir da Abordagem Temática Freireana e da Teoria da Atividade. In: GEHLEN, S. T.; SOLINO, A. P.; SANTOS, J. S.; MILLI, J. C. L. **Paulo Freire no Ensino de Ciências: trajetórias formativas na costa do cacau da Bahia**. Curitiba: Editora CRV, 2021. Cap. 4. p. 69-84.
- SILVA, R. M. **Relações iniciais entre a Teoria da Atividade e a perspectiva educacional freireana: proposições para a promoção de atividades potenciais no Ensino de Ciências**. 2023. 164f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Programa De Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.
- SILVA, V. R.; LORENZETTI, L. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, v. 46, n. e222995 p. 1-21, 2020.
- SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência e Tecnologia: Transformando o homem e sua relação com o mundo. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, 2006.
- SOUZA, R. **O que é intencionalidade pedagógica**. 2024. Mais Educativo. Disponível em: <https://maiseducativo.com.br/glossario/o-que-e-intencionalidade-pedagogica-guia-completo/>. Acesso em: 01 maio 2025.
- SZCZEPANIK, G. E. A natureza da tecnologia e seu ensino. **Revista Dialectus**, Fortaleza, n. 17, p. 213-228, 2020.
- VALADÃO, J. A. D.; ANDRADE, J. A.; NETO, J. R. C. Abordagens sociotécnicas e os estudos em tecnologia social. **Revista Pretexto**, v. 15, n. 1, p. 44-61, 2014.
- VASCONCELOS, E. R.; FREITAS, N. M. S. O paradigma da sustentabilidade e a abordagem CTS: mediações para o ensino de ciências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 89-108, 2012.
- VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**, n. 8, p. 19-46, 2009.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. Buenos Aires, Argentina: La Pleyade. 1978.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. Tradução José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche. São Paulo: MartinsFontes, 1998.

VYGOTSKY, L. S. Obras escogidas. Madrid: Machado Grupo Distribución, 2012. v. 3.

XAVIER, P. M. A.; FLÔR, C. C. C. Saberes populares e educação científica: um olhar a partir da literatura na área de ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 2, p. 308-328, 2015.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 557–587, 2021.

CAPÍTULO 3. A PROPOSIÇÃO DE UM PRODUTO EDUCACIONAL BASEADO NA MEDIAÇÃO SOCIOTÉCNICA PEDAGÓGICA: A TECNOLOGIA SOCIAL DIDÁTICA À LUZ DA ABORDAGEM CTS-FREIRE

Este capítulo tem como objetivo apresentar a proposição do Produto Educacional desenvolvido neste estudo, concebido como uma Mediação Sociotécnica Pedagógica, fundamentada em uma Tecnologia Social Didática (TSD) (artefato simbólico e material) e na abordagem CTS-Freire (artefato simbólico). Este capítulo busca detalhar o processo de elaboração e aplicação da TSD, neste caso, o Aquecedor Solar de Baixo Custo, destacando a abordagem CTS-Freire como estrutura metodológica baseada em uma Sequência Didática. Com base nos referenciais da Teoria da Atividade, trata-se de apresentar uma MSTP (ferramenta mediadora) sobre um problema social (objeto) de uma “atividade social”, cujos resultados seriam a mobilização, pelos estudantes (sujeitos), das dimensões da ACT (resultados). Assim, o capítulo articula os fundamentos teóricos, as escolhas pedagógicas e a intencionalidade docente comprometidos com o desenvolvimento de uma consciência crítica e socialmente engajada por parte dos estudantes.

3.1 Introdução

Neste capítulo, propõe-se o desenvolvimento de um Produto Educacional voltado ao ensino de Ciências, tendo as Tecnologias Sociais Didáticas (TSD) e a abordagem CTS-Freire como ferramentas mediadoras (materiais e simbólicas) da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) no contexto escolar. Inspirado na Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016), compreende-se que tais tecnologias não devem ser tratadas como um produto educacional ou soluções técnicas prontas, mas como Mediações Sociotécnicas Pedagógicas (MSTP) construídas crítica e coletivamente com os sujeitos da escola e com a comunidade social (escolar, local, especialistas etc.).

Através das proposições apresentadas nas Figuras 6 e 7 do Capítulo 2 e das contribuições de autores como Fernandes, Allain e Dias (2022) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024), este capítulo propõe e discute o desenvolvimento de uma TSD no ensino de Ciências, com base na abordagem CTS-Freire, estruturada a partir de uma Sequência Didática (SD), como ferramentas mediadoras (material e simbólica) para um problema social (objeto), cujo resultado é a promoção de uma ACT crítica no contexto escolar. Essa perspectiva é reforçada por Bazzo *et al.* (2016, p. 70) ao destacar que uma abordagem CTS é capaz de fomentar o desenvolvimento da ACT de forma “[...] crítica e criativa, trabalhando a tecnociência contextualizada como

atividade humana de grande importância social”. Nesse sentido, ao considerar a abordagem adotada no estudo e no desenvolvimento das TSD no ensino de Ciências, Fernandes, Allain e Dias (2022, p. 113) destacam que “a possibilidade de incorporação do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos currículos de Ciência da Natureza tem sido discutida em diversos países, constituindo-se assim como uma estratégia promotora de uma *Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT)*”.

Partindo destes pressupostos e diante dos desafios no cenário da Educação em Ciências na sociedade contemporânea, este capítulo apresenta a seguinte questão problema: *como promover um ensino interdisciplinar que, além de abordar conceitos e conteúdos científicos e tecnológicos, estabeleça conexões significativas com as vivências e o cotidiano dos estudantes, viabilizando uma ACT como transformação social e alinhada às demandas sociais atuais?*

Visando responder à questão-problema proposta, este capítulo apresenta o seguinte objetivo: *Propor a elaboração e a aplicação de uma Mediação Sociotécnica Pedagógica, estruturada em uma Sequência Didática para o ensino de Ciências, fundamentada na abordagem CTS-Freire, buscando, por meio do desenvolvimento de uma TSD, promover a ACT no contexto escolar, orientada à transformação social.*

Tomando a questão problema como norteadora deste capítulo e buscando o alcance do objetivo geral proposto neste trabalho, serão apresentados a seguir os seguintes objetivos específicos:

- 1) Desenvolver uma Sequência Didática (SD) voltada à Educação Básica que mobilize professores e estudantes (sujeitos) na investigação de problemáticas sociais locais (objeto), por meio do estudo e desenvolvimento de uma TSD, como a do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ferramentas materiais), articulando saberes científicos e populares em diálogo com a comunidade escolar e local (comunidade), com vistas à promoção da ACT no contexto escolar (resultado).
- 2) Elaborar roteiros pedagógicos contextualizados para o desenvolvimento de TSD, considerando a intencionalidade formativa dos professores (sujeitos), os arranjos colaborativos da escola (divisão do trabalho), as normas e valores da prática educativa (regras), e a mediação crítica de ferramentas simbólicas (como a abordagem CTS-Freire), visando à formação de estudantes capazes de compreender, avaliar e intervir em questões socioambientais de forma ética, criativa e socialmente engajada (resultado).

3.2 Ferramentas mediadoras simbólicas: a intencionalidade docente e a abordagem CTS-Freire

Ao refletirem sobre a importância de um ensino de Ciências orientado pelo enfoque CTS-Freire, Maraschin, Fonseca e Lindemann (2023, p. 320) destacam a necessidade de incorporar ao ensino de Ciências “[...] reflexões sobre os impactos gerados pela Ciência e Tecnologia (CT) na sociedade”. Considerando aspectos relacionados a uma educação CTS-Freire, destacam-se as concepções de autores como Auler (2002) e os desdobramentos de outros estudos (Auler *et al.*, 2005; Auler; Delizoicov, 2004; 2005), que propõem uma articulação entre os referenciais do movimento CTS e os pressupostos pedagógicos freireanos. Auler, Dalmolin e Fenalti (2009) salientam que essa articulação emerge da percepção de que os ideais de participação cidadã e de democratização nas decisões relativas às questões da natureza científicas e tecnológicas, centrais no movimento CTS, possuem elementos comuns à concepção Freireana de educação, que reconhece o ser humano como sujeito histórico em constante construção, convocado a superar a opressão por meio da libertação e da ruptura com a “cultura do silêncio” (Auler; Dalmolin; Fenalti, 2009, p. 68).

Ao buscar estudos que trazem esses referenciais para o ensino de Ciências, destacam-se os trabalhos de Almeida e Gehlen (2019), que enfatizam a articulação entre os referenciais de Paulo Freire e do movimento CTS, possibilitando a construção de currículos mais humanizadores, contextualizados e socialmente relevantes. Almeida e Gehlen (2019) ressaltam que essa aproximação favorece a abordagem de temáticas relacionadas à realidade dos estudantes, permitindo que, no âmbito do ensino de Ciências, questões relativas à saúde, à economia, à política, ao ambiente e à Ciência e Tecnologia sejam integradas ao processo educativo e dialoguem com a vida concreta dos estudantes, promovendo uma educação crítica e comprometida com a transformação social.

Ainda nesse contexto, Archanjo Junior (2024) propõe uma relação entre os pressupostos do CTS-Freire e o Pensamento Latino-Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS). Nesse sentido, Auler e Delizoicov (2015) e Auler (2021) salientam que o PLACTS parte de uma crítica à neutralidade da ciência e da tecnologia e à dependência em relação ao hemisfério norte, propondo, assim, uma política tecnocientífica enraizada em demandas locais historicamente negligenciadas, enfatizando a inserção das contradições sociais e a participação popular na construção do conhecimento. Quando se considera a relação de uma abordagem CTS-Freire e os pressupostos do PLACTS no desenvolvimento de uma TSD Archanjo Júnior (2024), destaca que essa integração favorece a formação de sujeitos críticos e a coprodução de saberes entre escola e comunidade potencializando “processos formativos, educativos e

produtivos de tecnociência mais humanizados”, orientados pelo diálogo, pela problematização freireana e pela inserção das demandas sociais da comunidade nas práticas escolares.

A abordagem CTS-Freire (como ferramenta simbólica, na perspectiva de Engeström, 2002), articulada ao desenvolvimento de TSDs (como ferramentas simbólica e material da atividade, numa perspectiva de processo e produto), contribui de forma crítica e transformadora para a Educação Básica, ao potencializar a formação de estudantes (sujeitos) capazes de problematizar sua realidade e intervir nela com consciência científica, tecnológica e social (resultado).

Para a elaboração e desenvolvimento da SD no contexto escolar, foram levadas em consideração as dimensões da TSD, ou seja, a articulação entre as dimensões social (participação e transformação), pedagógica (intencionalidade educativa e mediação sociotécnica) e epistêmica (coprodução e socialização do conhecimento). Também levou em consideração os Indicadores da TSD, que analisam se o processo educativo é intencionalmente formativo e crítico; se há envolvimento coletivo e diálogo social entre escola, comunidade local e especialistas; se o conhecimento é coproduzido, socializado, contextualizado e integrado entre saberes científicos e populares, valorizando o conhecimento dos participantes e das comunidades envolvidas; e se o produto ou resultado gerado promove uma transformação concreta e formativa no estudante, com efeitos que se estendem ao seu contexto comunitário (Allain; Fernandes, 2022; Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Nessa perspectiva, essa SD será desenvolvida em três etapas de implementação, com suas respectivas subetapas. Trata-se de uma *dinâmica didático-pedagógica*, inspirada nos Três Momentos Pedagógicos (Delizoicov; Angotti, 1990, 1992), nas proposições de Fernandes, Allain e Dias (2022), Fernandes, Araújo e Santos (2022), Fernandes, Santos e Fernandes (2025) e nos pressupostos do PLACTS (Auler; Delizoicov, 2015; Archanjo Júnior, 2024), voltados para o contexto do ensino de Ciências.

1ª etapa - Problematização e análise do objeto da atividade, com as subetapas:

- (I) identificação de um problema social local (objeto/demanda);
- (II) discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/ demanda);
- (III) discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionado ao tema social;

2ª etapa – Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico, com as subetapas:

- (IV) estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido;
- (V) estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local; e

3ª etapa - Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico, com as subetapas:

- (VI) retomada e aprofundamento do problema social da atividade, proposto na primeira etapa;
- (VII) discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído;
- (VIII) socialização do artefato mediador pedagógico (ferramentas simbólicas e materiais) elaborado pelos estudantes à comunidade social.

Na perspectiva da Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016), a SD organizada a partir da abordagem CTS-Freire atua como ferramenta mediadora simbólica que articula os sujeitos (professores e estudantes) e a comunidade escolar e local, através de um problema social (o objeto educativo) orientado a uma ACT crítica e transformadora no contexto escolar (resultado). Como apontam Aquino *et al.* (2022), é fundamental que os conceitos e conteúdos ensinados estejam conectados às vivências dos estudantes e ao seu cotidiano. Assim, “para que a transformação social seja mobilizada nas atitudes dos estudantes, o professor se apropria de situações significativas da realidade do estudante em uma relação direta entre diferentes abordagens, metodologias, perspectivas curriculares e o uso de TS” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 12). Nessa dinâmica, os resultados não se restringem somente à aquisição de saberes escolares, mas também buscam promover o engajamento crítico e socialmente situado dos estudantes.

A articulação entre a abordagem CTS-Freire, estruturada a partir da SD proposta, e os componentes da Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016), permite compreender o ensino de Ciências como uma prática socialmente contextualizada, dialógica e transformadora. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de TSD deixa de ser uma aplicação tecnocrática e passa a integrar um processo formativo que valoriza o contexto, os sujeitos e a construção coletiva do conhecimento (Dagnino, 2014).

A seguir, no Quadro 7, é apresentada uma síntese das etapas da abordagem CTS-Freire vinculadas à Teoria da Atividade, evidenciando como o objeto da atividade (o problema social) se transforma ao longo da ação educativa, resultando na promoção da ACT escolar.

Quadro 7. Proposição do desenvolvimento de uma SD a partir de uma abordagem CTS-Freire e de uma TSD articulados à Teoria da Atividade e à ACT no contexto escolar

Etapa	Componentes da Teoria da Atividade	Descrição	Subetapas
1ª Etapa – Problematização e análise do objeto da atividade	Objeto + Sujeito + Ferramenta simbólica (CTS-Freire).	O objeto da atividade emerge de uma problemática social concreta vivenciada pela comunidade escolar/local. A contextualização da TSD parte da problematização da realidade e evita uma visão instrumentalista da tecnologia.	(I) identificação de um problema social local (objeto/demanda); (II) discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/demanda); (III) discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionado ao tema social;
2ª Etapa – Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico	Sujeitos + Ferramenta material (TSD) + Ferramenta simbólica (CTS-Freire, saberes) + Regras + Divisão do Trabalho.	Os sujeitos (professores e estudantes) organizam os conhecimentos científicos e tecnológicos de forma crítica e contextualizada, mobilizando ferramentas materiais e simbólicas (ex.: saberes populares), respeitando as regras escolares e colaborando em diferentes papéis na construção do conhecimento.	(IV) estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido; (V) estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local;
3ª Etapa – Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico	Sujeitos + Comunidade social (escolar, local e de especialistas) + Ferramenta material (TSD) + Ferramenta simbólica (saberes, CTS-Freire) + Resultado (ACT escolar).	A ação coletiva culmina na aplicação do conhecimento para intervir na realidade, promovendo a formação de estudantes críticos e engajados socialmente. A transformação social depende da intencionalidade crítica do professor. Busca-se envolver a comunidade local.	(VI) retomada e aprofundamento do problema social inicial (objeto da atividade) proposto na primeira etapa; (VII) discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído; (VIII) socialização do artefato mediador pedagógico elaborado pelos estudantes à comunidade social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Na primeira etapa (Quadro 7), o foco está na identificação e problematização de um objeto socialmente significativo, situado na realidade vivenciada pelos estudantes e pela comunidade escolar/ local/ de especialistas. A partir da introdução de um problema social concreto (objeto da atividade), inicia-se uma análise crítica dessa realidade e das tecnologias sociais já existentes ou em potencial. Essa etapa mobiliza o engajamento coletivo da comunidade “social” e dá forma ao objeto da atividade, que se transforma ao longo da ação educativa. Nesse sentido, essa etapa é essencial para favorecer o surgimento de um objeto pedagógico socialmente contextualizado.

Na segunda etapa (Quadro 7), ocorre a MSTP do objeto anteriormente debatido (problema social), com base em conteúdos científicos e tecnológicos relacionados à problemática estudada. Os sujeitos (professores e estudantes) são orientados por regras escolares, curriculares e sociais e assumem papéis colaborativos na divisão do trabalho, o que potencializa a apropriação crítica dos saberes. A TSD e a abordagem CTS-Freire operam como ferramentas mediadoras, que no processo de MSTP mobilizam conhecimentos científicos e tecnológicos e saberes populares. É importante que o desenvolvimento das etapas evite uma concepção tecnocrática da tecnologia e cientificista da ciência ao contextualizar o conhecimento e articular ciência, tecnologia e sociedade como práticas historicamente construídas.

Na terceira etapa (Quadro 7), a aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico, visa consolidar os saberes construídos por meio de ações que envolvam intervenção crítica na realidade. O resultado almejado é a formação de sujeitos críticos e engajados, capazes de compreender e transformar o mundo ao seu redor. Como afirmam Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 12), “para que a transformação social seja mobilizada nas atitudes dos estudantes, o professor se apropria de situações significativas da realidade do estudante em uma relação direta entre diferentes abordagens, metodologias, perspectivas curriculares e o uso de TS”.

3.3 O Objeto da Atividade: um problema social

Com base nas proposições de Engeström (1987, 2002, 2016) e Fernandes, Fernandes e Santos (2024) a escolha e caracterização das TS partiram das discussões realizadas entre os estudantes e o professor (sujeitos) em relação às demandas sociais trazidas pelos estudantes (objeto), refletindo preocupações com aspectos presentes em sua comunidade local, como por exemplo, o consumo de energia elétrica, a poluição dos recursos hídricos, a ausência de saneamento básico e de coleta seletiva.

A escolha do ano, em que cada TSD foi trabalhada, bem como os conceitos e conteúdos envolvidos, foram definidos com base na análise dos currículos e diretrizes educacionais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018) e o CRMG (Minas Gerais, 2020). A partir dessa análise, as temáticas abordadas, conforme propõem Marques e Chisté (2016), buscam fomentar um ensino interdisciplinar, atrativo e contextualizado, que se aproxime da realidade dos estudantes, relacionando questões políticas, econômicas, éticas, sociais, entre outras, ao conhecimento científico e tecnológico.

Desse modo, uma proposição voltada ao desenvolvimento de TSD que busquem, por meio de seu estudo e elaboração, integrar conceitos, conteúdos, conhecimentos e habilidades propostos para a Educação Básica, visando também atingir os objetivos de uma ACT escolar, pode ser abordada no contexto educacional a partir de temas ou situações reais que tenham relevância para a vida cotidiana dos estudantes (Lovatti, 2016). Nesse sentido, o estudo e o desenvolvimento de TSD, podem tornar o ensino de Ciências mais contextualizado, ao relacionar os conteúdos escolares a diferentes situações presentes no cotidiano dos estudantes e que influenciam diretamente sua vida em sociedade.

3.4 Ferramentas mediadoras materiais: o produto final das Tecnologias Sociais Didáticas

A partir de três TS (Biodigestor, Sistema de Captação de Água da Chuva e o Aquecedor Solar de Baixo Custo), propôs-se uma MSTP, originando em três TSDs, como ferramentas materiais. Também foram estruturadas ferramentas simbólicas, por meio de uma SD fundamentada na abordagem CTS-Freire, para que os sujeitos (estudantes e professores), em interação com a comunidade (escolar e local), consigam transformar o objeto inicial (problema social vivenciado na comunidade) em um resultado orientado à ACT escolar. Dessa forma, no sexto ano do ensino fundamental, foi trabalhado um objeto social, mediado pela TSD do Sistema de Captação de Água da Chuva, levando em consideração as orientações de Calvão e Gama (2022) e Barroso *et al.* (2022). No sétimo ano do ensino fundamental, propôs-se o desenvolvimento da TSD do Biodigestor, com base nas orientações de Calvão e Gama (2022) e Aquino *et al.* (2022). Por fim, trabalhando em conjunto com o oitavo e o nono ano do ensino fundamental, foi proposto o desenvolvimento de um Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), seguindo as orientações de Calvão e Gama (2022) e Guedes *et al.* (2022).

De modo a considerar a análise dos resultados, nessa dissertação, propõe-se um olhar apenas para as implicações da TSD do ASBC na Educação Básica.

3.4.1 O estudo e desenvolvimento da TSD na Educação Básica: o Aquecedor Solar de Baixo Custo

Quando se consideram aspectos relacionados à matriz energética brasileira, percebe-se, segundo Calvão e Gama (2022, p. 58), uma grande dependência de fontes hidrelétricas. Nesse sentido, ao se analisarem os aspectos ambientais, observa-se que esse é um modelo pouco sustentável do ponto de vista ambiental, pois, para o desenvolvimento de usinas hidrelétricas que produzem energia para a população brasileira, “[...] é necessária a construção de barragens

que ocasionam a mudança do curso dos rios e a inundação de grandes áreas que destroem habitats naturais e causam perda da biodiversidade” (Calvão; Gama, 2022, p. 58).

A partir dos aspectos destacados, a necessidade de utilização de uma fonte de matriz solar emerge como uma resposta urgente e estratégica às limitações e aos impactos socioambientais da atual matriz energética brasileira, fortemente dependente das usinas hidrelétricas (Siqueira, 2009). Por sua vez, Calvão e Gama (2022) salientam que as fontes de energia solar representam uma alternativa sustentável, uma vez que acarretam menores impactos ambientais.

Quando se consideram aspectos relacionados à inserção de tecnologias que utilizam uma matriz energética solar, Rodrigues (2019) destaca que, embora os aquecedores solares estejam disponíveis no mercado, como tecnologia convencional ou capitalista, seu custo ainda é relativamente alto para grande parte da população, especialmente para famílias de baixa renda. Esse elevado valor de investimento dificulta o acesso a essa tecnologia, mesmo com todos os seus benefícios econômicos e ambientais a longo prazo. Diante dessa realidade, autores como Siqueira (2009), Calvão e Gama (2022) e Guedes *et al.* (2022) ressaltam a necessidade de desenvolver e implementar alternativas mais acessíveis, como a TS estruturada no ASBC.

O ASBC constitui-se em uma TS que, segundo Guedes *et al.* (2022), é um equipamento destinado ao uso em locais mais quentes, com climas tropicais e subtropicais, visando ao aquecimento da água utilizada no chuveiro. Esse sistema “[...] tem o mesmo princípio de funcionamento do sistema tradicional de aquecimento solar de água, diferenciando-se apenas pelo tipo de material utilizado e pela possibilidade de autoconstrução” (Guedes *et al.*, 2022, p. 126).

Dessa forma, tomando como base as proposições de Guedes *et al.* (2022) e Facin e Jacobs (2010), propõe-se o desenvolvimento de uma TSD, baseada no ASBC, no âmbito do ensino de Ciências. Segundo Guedes *et al.* (2022), essa TSD pode ser implementada de forma interdisciplinar, ao abordar conteúdos presentes nas disciplinas de Ciências da Natureza, Biologia, Física, Química, Matemática e Geografia. Nesse sentido, o Quadro 8 sintetiza uma análise dos conceitos e conteúdos presentes na BNCC (Brasil, 2018) e no CRMG para o Ensino Fundamental (Minas Gerais, 2020), visando identificar aproximações entre essas temáticas e o estudo e desenvolvimento da TSD do ASBC.

Quadro 8. Conteúdos e conceitos, organizados por componente curricular, abordados durante o estudo e desenvolvimento da TSD do ASBC

Componente curricular	Principais Conteúdos
-----------------------	----------------------

Ciências da Natureza	Fontes e tipos de energia; Impactos socioambientais; Economia de energia e sustentabilidade; reutilização e reciclagem; impacto ambiental; Fontes renováveis e não renováveis; Termologia (calor, temperatura, condução do calor), ondas eletromagnéticas, materiais condutores e isolantes.
Matemática	Unidade de medidas; Volume e capacidade;
Geografia	Recursos naturais; fontes renováveis, capacidade de produção de energia (energia hidrelétrica, solar, eólica, geotérmica, maremotriz, biocombustíveis); Energia limpa e economia doméstica.
História	História das Fontes de Energia (carvão, petróleo, energia nuclear, energia solar) em diferentes épocas e culturas.
Artes	Processos de criação; Arte e Tecnologia

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No estudo e desenvolvimento do ASBC, Guedes *et al.* (2022), ao realizar uma MSTP dessa TS para o contexto escolar, se tornando uma TSD, apresentam um pensamento sociotécnico ao destacar a sua importância para a abordagem de temáticas relacionadas a aspectos que perpassam a vida cotidiana dos estudantes. Os autores salientam que é possível tratar de temas como segurança energética, fontes renováveis e não renováveis, mudanças na matriz energética e economia de recursos naturais e financeiros, além de “[...] transformar o modo de viver e de pensar dos estudantes e de sua comunidade, sobretudo, refletindo sobre as mudanças necessárias para garantir um futuro sustentável” (Guedes *et al.*, 2022, p. 127).

3.4.2 A proposição de uma Sequência Didática para caracterizar as ferramentas mediadoras: CTS-Freire e a TSD baseada no ASBC

A partir dos conceitos e conteúdos organizados por componente curricular (Quadro 7), será apresentada (Quadros 9, 10 e 13) uma SD baseada na abordagem CTS-Freire, estruturada a partir de três etapas, descrevendo como a temática foi trabalhada na Educação Básica.

3.4.2.1 Primeira Etapa: Problematização e análise do objeto da atividade

A primeira etapa, denominada Problematização e Análise do Objeto da Atividade, foi estruturada na perspectiva CTS-Freire em três subetapas, seguindo as orientações de Fernandes, Allain e Dias (2022), Fernandes, Araújo e Santos (2022) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025). Nessa etapa inicial (Quadro 9), buscou-se, a partir da problematização da realidade local e global, instigar nos estudantes uma reflexão crítica sobre a temática, problematizando seus desdobramentos sociais, ambientais, políticos e econômicos.

Quadro 9. Primeira etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire

1. Tema da abordagem CTS-Freire a partir da BNCC
--

Unidade temática (UT): Matéria e Energia; Ciência e Tecnologia
Objetos do conhecimento (OC): Fontes e tipos de energia; transformação de energia.
Tempo estimado total: 8 aulas de 50 minutos

2. Organização da Sequência Didática

1ª Etapa: Problematização e análise do objeto da atividade
Tempo estimado total: 2 aulas de 50 minutos

Subetapas	Temática	Recursos e Estratégias
1. Identificação de um problema social e local (objeto/demanda)	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Impacto Ambiental (aquecimento global, perda da biodiversidade, o esgotamento e degradação de recursos naturais) acarretado pelas fontes de energias tradicionais; 2. Problematização sobre os impactos sociais e econômicos na comunidade local; 3. Problematização sobre as diversas formas de utilização da energia no cotidiano considerando seus impactos sociais, econômicos e ambientais. 4. Dependência de fontes energéticas (hidrelétrica, eólica, termoeletrica e entre outras); 	<p>Recurso: Apresentação em PowerPoint com vídeos, imagens, notícias e reportagens que retratam situações relacionadas à temática e aos principais problemas sociais.</p> <p>Estratégia: Realizar uma problematização dialógica e observar os saberes iniciais dos estudantes sobre a temática.</p> <p>Apresentação de um vídeo sobre a Usina Hidrelétrica de Belo Monte.</p>
2. Discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/ demanda)	<p>Questão social local: Como as escolhas sobre as fontes de energia que utilizamos afetam a vida da nossa comunidade, o meio ambiente e a economia local, e o que podemos fazer, juntos, para promover uma transição energética justa e sustentável, respeitando nossa história, saberes e necessidades?</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. A história das fontes de energia no Brasil; 6. A necessidade de transição energética; 7. Energia Solar como uma alternativa viável; 8. Energia Eólica e seu impacto econômico; 9. Biomassa e Bioenergia como alternativas sustentáveis. 	<p>Recurso: Apresentação de questões sociais por meio de slides em PowerPoint.</p> <p>Estratégia: Apresentação da temática com o objetivo de guiar debates e discussões sobre os impactos sociais, ambientais e econômicos das matrizes energéticas presentes em nosso país.</p>
3. Discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social	<ol style="list-style-type: none"> 10. Impactos ambientais e sociais das usinas termoeletricas, hidrelétricas, nucleares, entre outras; 11. Desmatamento e poluição de recursos hídricos; 12. Impacto socioambiental; 13. Alternativas sustentáveis para mitigar impactos das ações antrópicas. 	<p>Recurso: Apresentação em PowerPoint com questões controversas, notícias e reportagens relacionadas à temática.</p> <p>Estratégia: Dinâmica e debate sobre questões controversas, com o objetivo de promover discussões sobre aspectos de natureza social, ambiental, política e ética, incentivando os estudantes a se posicionarem criticamente e a debaterem soluções para os problemas apresentados.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nesta primeira etapa, orientada pela Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016), busca-se mobilizar o objeto da atividade, neste caso, uma problemática real relacionada à água e suas implicações sociais, ambientais e de saúde pública, a partir da vivência dos estudantes na sua comunidade local e escolar. Esse objeto não é dado, mas construído e transformado no decorrer da atividade por meio da mediação de ferramentas simbólicas (como a abordagem CTS-Freire, conhecimento prévio compartilhado com saberes locais) e materiais (como a TS em ASBC mediada sociotecnicamente para uma TSD).

De acordo com Fernandes, Allain e Dias (2022), essa etapa inicial demanda a apresentação de situações reais e contextualizadas que provoquem os estudantes a refletirem criticamente sobre sua própria realidade, ao mesmo tempo em que suscitem a necessidade de novos conhecimentos para que, ao interpretá-la, seja necessária a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas (Fernandes; Allain; Dias, 2022). Complementando essa concepção, Delizoicov e Angotti (1990, p. 29) afirmam que: “[...] a problematização inicial visa à ligação desse conteúdo com situações reais que os alunos conhecem e presenciam, mas que não conseguem interpretar completamente ou corretamente porque, provavelmente, não dispõem de conhecimentos científicos suficientes”.

Nesse sentido, a introdução de uma TS (como o ASBC) mediada sociotecnicamente em TSD, como ferramenta mediadora no sistema de atividade (Quadro 7), contribui para que os sujeitos (estudantes e professores), em interação com a comunidade (escolar e local), consigam transformar o objeto inicial em um resultado orientado à ACT no contexto escolar.

As três subetapas desta primeira etapa (Quadro 9) da abordagem CTS-Freire serão apresentadas como relato de sua aplicação no contexto da pesquisa.

Subetapa 1 – Identificação de um problema social local (objeto/demanda)

Nesta subetapa, os sujeitos (professor e estudantes) iniciaram o processo de problematização a partir de situações reais que afetam diretamente a comunidade local e global, como os impactos ambientais provocados pelas fontes de energia tradicionais: aquecimento global, perda da biodiversidade e esgotamento de recursos naturais. Além disso, foram discutidas as consequências sociais e econômicas da dependência energética nacional, considerando a história das fontes de energia no Brasil e a necessidade urgente de transição para fontes mais limpas e sustentáveis. Para mediar esse processo, utilizou-se uma apresentação em PowerPoint com vídeos, imagens impactantes, notícias e reportagens atuais. A estratégia metodológica central foi a problematização dialógica, permitindo aos estudantes expressarem

suas percepções iniciais, relatarem experiências pessoais e formularem hipóteses sobre o problema apresentado.

Subetapa 2 – Discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/ demanda)

Nesta subetapa, o objeto da atividade (a transição energética justa e sustentável) foi aprofundado a partir do problema social orientador:

Como as escolhas sobre as fontes de energia que utilizamos afetam a vida da nossa comunidade, o meio ambiente e a economia local, e o que podemos fazer, juntos, para promover uma transição energética justa e sustentável, respeitando nossa história, saberes e necessidades?

A partir dessa questão, os sujeitos da atividade (professor e estudantes) analisaram criticamente a história energética do Brasil, as possibilidades de uso de fontes renováveis (como solar, eólica, biomassa e bioenergia), bem como seus impactos econômicos e sociais. Nessa etapa utilizou-se de apresentações com dados, gráficos e imagens que subsidiaram os debates mediados pelo professor.

Nessa subetapa, a comunidade escolar foi envolvida como espaço de construção coletiva do conhecimento, enquanto a comunidade local foi considerada como referência contextual para as análises. A construção do objeto envolveu também o reconhecimento de desigualdades no acesso à energia, a exploração das dimensões: ética, política e econômica da transição energética, e a valorização dos saberes locais e das realidades vivenciadas pelos estudantes.

Subetapa 3 – Discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social

Com o objeto da atividade mais consolidado, esta subetapa concentrou-se na análise crítica das tecnologias energéticas em uso e seus impactos socioambientais. Foram discutidos os efeitos negativos de grandes usinas termoeletricas, hidrelétricas e nucleares, como desmatamento, poluição de recursos hídricos e deslocamento de comunidades.

A partir disso, foram apresentadas alternativas sustentáveis para mitigar os impactos das ações antrópicas, como TS que poderiam ser implementadas em contextos locais, como Aquecedores Solares de Baixo Custo. As ferramentas mobilizadas incluíram reportagens atuais, infográficos e uma dinâmica de debate entre os estudantes.

A comunidade escolar atuou como espaço de diálogo e reflexão crítica, enquanto a comunidade local foi considerada no reconhecimento dos impactos vivenciados e das potencialidades para ações transformadoras. A reflexão inicial da questão social (objeto da

atividade pedagógica) se deu por meio da divisão do trabalho entre os sujeitos, promovendo o engajamento coletivo e a corresponsabilidade frente ao desafio da transição energética. A Figura 8, exemplifica a realização do primeiro momento com os estudantes da educação básica.

Figura 8. A realização do primeiro momento com os estudantes da educação básica



Fonte: Acervo do autor (2025).

3.4.2.2 Segunda etapa: Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico

A segunda etapa teve como objetivo sistematizar e aprofundar os conhecimentos científicos e tecnológicos abordados nas etapas anteriores. Essa etapa foi estruturada em duas subetapas (Quadro 10), conforme as orientações de Fernandes, Allain e Dias (2022) para o desenvolvimento da abordagem CTS-Freire no contexto escolar.

Quadro 10. Segunda etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire

2ª Etapa: Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico		
Tempo estimado total: 4 aulas de 50 minutos.		
Subetapas	Conteúdos	Recursos e estratégias
4. Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido	<ol style="list-style-type: none"> Escolha pelos estudantes do ASBC enquanto uma resposta culturalmente sensível às necessidades locais, integrando o conhecimento técnico com os valores da comunidade; <p>Estudo do conteúdo científico:</p> <ol style="list-style-type: none"> Alternativas energéticas sustentáveis; Impacto ambiental e Reciclagem; Radiação, Calor e Temperatura: Aplicação no Aquecedor Solar; Volume e capacidade; Unidades de medida; Calor e temperatura 	<p>Recurso: Roteiro para montagem da TSD do ASBC.</p> <p>Estratégia: Montagem em grupo da TSD do ASBC.</p>

5. Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local	8. Economia doméstica; 9. Ondas Eletromagnéticas: aplicação para o aquecimento da água no ASBC. 10. A TS como uma expressão de arte aplicada ao cotidiano. 11. A Tecnologia Social do Aquecedor de Baixo Custo e a sua importância para a contexto vivenciado na comunidade.	Recurso: Utilização de uma apresentação em PowerPoint e da TSD do ASBC. Estratégia: Realização de discussões e debates em grupo sobre como os estudantes percebem, em suas comunidades, a atuação da TSD diante das questões econômicas e ambientais; Análise e discussão sobre a estrutura e o funcionamento da TSD. Encerramento: Conclusão da 2ª etapa com a aplicação da prova bimestral.
---	---	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Subetapa 4 - Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido

Na quarta subetapa, os **sujeitos da atividade** (estudantes e professores) engajaram-se na construção da TSD do ASBC, previamente selecionada pelos próprios estudantes em função de sua relevância local e das discussões realizadas nas etapas anteriores.


A **ferramenta central da atividade** foi a própria TSD, orientada pela abordagem CTS-Freire, que articula saberes científicos, populares e escolares à realidade vivenciada, promovendo o diálogo entre o conhecimento sistematizado e os problemas concretos da comunidade. Essa montagem prática do ASBC permitiu a exploração de diversos conteúdos curriculares, como fontes de energia alternativas, radiação, calor e temperatura, bem como temas transversais como reciclagem, sustentabilidade e reaproveitamento de materiais (Calvão; Gama, 2022; Gama *et al.*, 2022). Além disso, foram abordados conteúdos matemáticos, como volume, capacidade e unidades de medida, de maneira contextualizada.

Ao longo do processo, respeitaram-se as **regras institucionais** da escola e as diretrizes do CRMG (Minas Gerais, 2020), que preveem o desenvolvimento de competências e habilidades vinculadas à BNCC e às exigências das avaliações bimestrais, assegurando a articulação entre a atividade pedagógica e o currículo prescrito. A **divisão do trabalho** foi organizada em pequenos grupos, nos quais os estudantes se revezaram em diferentes funções, como corte, montagem, medições, registro e explicações, sob a orientação do professor e com apoio pontual de membros da comunidade local, que contribuíram com conhecimentos práticos e experiências relacionadas ao uso de soluções energéticas sustentáveis. Dessa forma, a comunidade local foi integrada como parte indireta do processo, fortalecendo o sentido social da atividade e a relevância do conteúdo científico explorado.

Essa subetapa foi desenvolvida com base nas orientações teóricas de Allain e Fernandes (2022), Calvão e Gama (2022), e nas diretrizes propostas por Gama *et al.* (2022) para o

desenvolvimento e estudo da TS no contexto escolar, por meio de uma MSTP, caracterizando, assim, a parte da TSD como ferramenta material (Quadro 11).

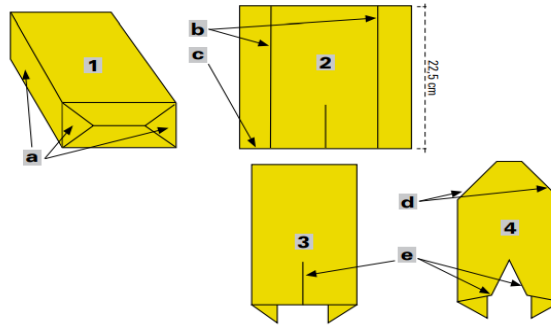
Quadro 11. Orientações para a confecção da TSD do ASBC na Educação Básica

1) Materiais utilizados para a confecção do ASBC:	
Para a elaboração do Aquecedor Solar de Baixo Custo, são necessários alguns materiais, muitos deles de baixo custo e facilmente encontrados, podendo inclusive ser reutilizados. A proposta da TS apresentada a seguir foi adaptada para aplicação em um novo contexto, a escola, e, com base nas orientações de Guedes <i>et al.</i> (2022), propõe-se adaptações específicas para o desenvolvimento da atividade com estudantes do 8º e 9º ano do Ensino Fundamental. Conforme sugerido por Guedes <i>et al.</i> (2022), foi solicitado aos estudantes que trouxessem de casa ou procurassem em suas comunidades caixas de leite de 1 litro e garrafas PET de 2 litros vazias. Essa proposta visa incentivar a reciclagem e a reutilização de materiais na construção da TSD.	
Quantidade necessária:	Material para construção:
60 unidades.	Garrafas Pet.
50 unidades.	Caixas de leite.
11 metros.	Cano PVC.
20 unidades.	Conexões Tee (20 milímetros de diâmetro).
1 unidade.	Fita de autofusão ou borracha de câmara de ar.
Unidade de acordo com o número de estudantes responsáveis por essa demanda.	Estilete ou tesoura para cortar as caixas de leite.
1 litro	Tinta preta fosca.
Unidade de acordo com o número de estudantes responsáveis por essa demanda.	Luvas de plástico para os estudantes fazerem a pintura das caixas de leite e do recipiente sem se sujar.
3 unidades	Lixa d'água nº 100.
1 unidade	Cola para os canos de PVC.
1 unidade	Arco de serra (Cuidado ao manusear).
4 unidades	Pincel grande para realizar a pintura do recipiente e caixas de leite.
2 unidades	Tampão de PVC (20 milímetros de comprimento).
4 unidades	Conexões em L (luvas) de PVC (20 milímetros de comprimento).
1 unidade	Recipiente de 80 litros (barrica).
2) Descrição do passo a passo para a confecção do ASBC:	
<p>1ª Etapa – Corte das garrafas PET: Nesta primeira etapa, os estudantes foram organizados em grupos. Ao primeiro grupo foi atribuída a tarefa de cortar as garrafas PET de 2 litros (Figura 1). O corte deve ser realizado na base da garrafa, de forma que permita a inserção da parte superior de outra garrafa na base cortada, possibilitando a conexão sequencial entre elas.</p>	
<p>Figura 1. Primeira etapa (estudantes cortando as garrafas PET).</p> 	

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

2ª Etapa – Corte das caixas de leite: Na segunda etapa, um grupo de estudantes ficou responsável por cortar as caixas de leite (Figura 3B, 3C), seguindo as orientações de Guedes *et al.* (2022) (Figura 2). Inicialmente, o professor demonstrou o procedimento de corte, (Figura 3A) e em seguida os alunos deram continuidade à atividade. As caixas de leite possuem uma face metálica, que será utilizada na etapa seguinte e deverá ser pintada de preto para potencializar a absorção de calor.

Figura 2. Cortes e dobras necessárias para a utilização das caixas de leite



Fonte: (Celesc 2021, p. 13 *apud* Guedes *et al.*, 2022).

Figura 3. Segunda etapa (Estudantes realizando os cortes necessários nas caixas de leite)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3ª Etapa – Pintura das caixas de leite: Na terceira etapa, um grupo de estudantes realizou a pintura das caixas de leite utilizando tinta preta (Figura 4). O objetivo dessa pintura é transformar a face metálica das caixas em uma superfície para a absorção de calor, funcionando como uma espécie de placa solar. Quando exposta à luz solar, essa superfície pintada de preto absorve a radiação solar, contribuindo para o aquecimento da água no ASBC.

Figura 4. Terceira etapa - estudantes realizando a pintura das caixas de leite



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4ª Etapa – Pintura dos canos de PVC, Tees e conexões em “L” (luvas): Nesta etapa, os estudantes pintaram todos os componentes em PVC que seriam utilizados na montagem, incluindo os canos, as conexões Tee e as conexões em L (luvas), todos com diâmetro de 20 milímetros (Figura 5). A pintura em cor preta tem como objetivo aumentar a absorção da radiação solar, favorecendo o aquecimento da água que circula pelo sistema, além de contribuir para a uniformidade visual e estética do protótipo desenvolvido pelos estudantes.

Figura 5. Quarta etapa (estudantes pintando equipamentos de PVC).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

5ª Etapa – Pintura do recipiente de 80 litros: Nesta etapa, os estudantes realizaram a pintura do recipiente de 80 litros, que será utilizado para armazenar a água que circulará pelo sistema do ASBC (Figura 6). A pintura em cor preta tem como objetivo aumentar a absorção da radiação solar, também contribuindo para o aquecimento da água no interior do reservatório.

Figura 6. Quinta etapa (estudantes pintando o recipiente de 80 litros).



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

6ª Etapa – Processos de corte e conexão dos equipamentos de PVC: Nesta etapa, após a secagem dos canos de PVC, eles foram medidos com precisão em tamanhos iguais (8 centímetros) e cortados com o uso de um arco de serra (Figuras 7A e 7B). Após o corte, utilizou-se uma lixa d'água para dar acabamento às extremidades dos canos, preparando-os para a conexão com os Tee de 20 milímetros. A Figura 7C ilustra o processo de medição e conexão dos canos de 8 centímetros aos Tees de 20 milímetros. A Figura 7B demonstra o momento em que o professor, juntamente com o estudante, realiza a medição e o corte dos canos de PVC com 8 centímetros de comprimento. Já a Figura 7C apresenta a etapa de colagem dos canos, também realizada em conjunto pelo professor e o estudante. Por fim, a Figura 7d demonstra o resultado final, com os canos de 8 centímetros devidamente conectados aos Tee de 20 milímetros.

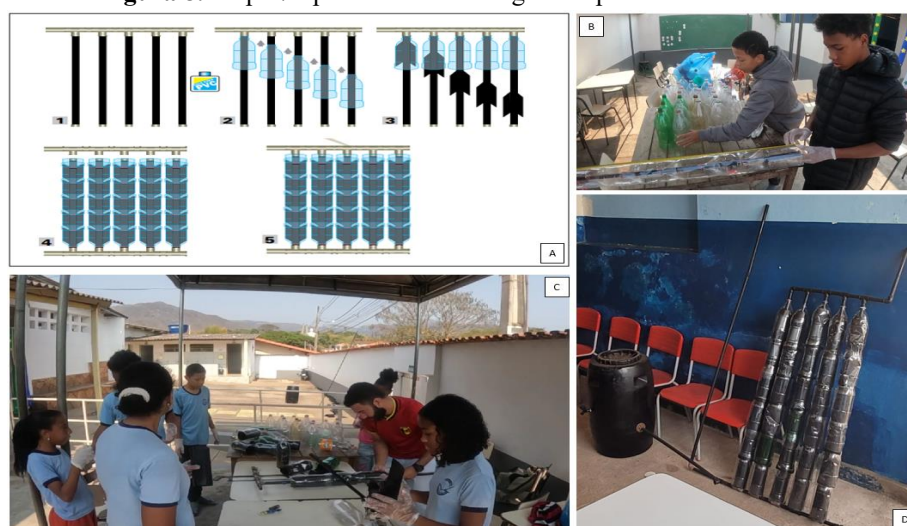
Figura 7. Etapa 6 (estudantes realizando os cortes e conexões dos equipamentos de PVC)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

7ª Etapa – Processo final da montagem do ASBC: Foram medidos e cortados cinco canos de PVC com 120 centímetros de comprimento. Os canos pintados de preto foram conectados aos Tee de 20 milímetros. Em seguida, dentro de cada garrafa PET, os estudantes inseriram uma caixa de leite também pintada de preto, com o objetivo de formar colunas que simulam uma placa solar (Figura 8). A Figura 8A ilustra como deve ser feita a montagem da placa solar. Cada garrafa PET é conectada ao cano de PVC, e dentro dela é inserida uma caixa de leite pintada de preto. Após a inserção de todas as garrafas PET com as respectivas caixas de leite, é feita a adição da parte inferior da estrutura, conforme demonstrado na Figura 8A. As Figuras 8B e 8C demonstram os estudantes executando a montagem de acordo com as orientações da Figura 8A. A Figura 8D apresenta o resultado final, evidenciando como ficou a estrutura da placa solar após a conclusão de todas as etapas.

Figura 8. Etapa 7 - processo de montagem da placa solar do ASBC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

8ª Etapa – Conexões finais e funcionamento do ASBC: Nas extremidades superior e inferior do lado esquerdo da estrutura foram adicionadas conexões em L (Figura 9). A conexão em L superior foi ligada a um cano de 60 centímetros, que, por sua vez, foi conectado ao recipiente de 80 litros. Já a conexão em L inferior foi acoplada a um cano de PVC de 120 centímetros, chegando à parte inferior do ASBC. À medida que a água se aquece, ela sobe naturalmente pelos canos, retornando ao recipiente. Na extremidade superior direita, foi instalada outra conexão em L, à qual foi acoplado um cano de 30 centímetros que leva a água aquecida de volta ao reservatório (Figura 9). Por fim, também é possível observar finalizada a TSD do ASBC, desenvolvida pelos estudantes.

Figura 9. A TSD do ASBC finalizada



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Subetapa 5 - Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local

Na quinta subetapa, os sujeitos (estudantes e professores) concentraram-se no estudo crítico da TSD, seus símbolos (processo, desenvolvimento, reflexões, problematizações) e seu produto (o ASBC como ferramenta material), que foi elaborada na quarta subetapa (subetapa anterior), com o objetivo de ser compreendida como uma TSD que articula saberes científicos e populares com valores sociais, culturais e econômicos presentes na comunidade local. Após a elaboração da TSD pelos estudantes, ela foi utilizada como ferramenta central do processo de ensino e aprendizagem, possibilitando aos estudantes compreenderem a tecnologia não apenas como um objeto técnico, mas como uma ferramenta social transformadora, acessível e capaz de responder a problemas reais presentes na comunidade.

A estratégia pedagógica adotada baseou-se em atividades dialógicas, como debates e discussões em grupo, que permitiram a análise do potencial da TSD em enfrentar desafios locais (como o consumo de energia elétrica, o impacto ambiental e o custo do aquecimento de água) em especial nas camadas populares. Essa análise crítica se deu em diálogo com os princípios da abordagem CTS-Freire, incentivando o reconhecimento das implicações éticas, estéticas, econômicas e ambientais da tecnologia em questão.

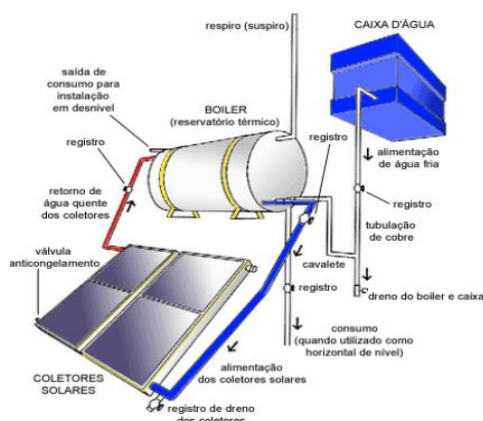
As regras escolares foram consideradas por meio da articulação com o planejamento curricular (a partir do CRMG), os instrumentos avaliativos formais (avaliação bimestral) e a autorização da gestão escolar para trabalhar nos espaços abertos da escola. A subetapa foi concluída com a aplicação da prova bimestral, estruturada com questões discursivas (Quadro 12) que exigiram dos estudantes a mobilização dos conhecimentos construídos nos momentos anteriores da SD, especialmente na problematização inicial e na organização do conhecimento,

além da capacidade de argumentação dos estudantes sobre os impactos e possibilidades de uso da TSD em seus próprios contextos. Dessa forma, essa quinta subetapa buscou consolidar o objeto da atividade e o resultado como a compreensão crítica e contextualizada de uma tecnologia social energeticamente viável, socialmente justa e ambientalmente sustentável (ACT como transformação social).

Quadro 12. Questões elaboradas para a prova bimestral a partir da TSD

1. Os estudantes estão construindo um aquecedor solar de baixo custo utilizando materiais simples, como garrafas PET e caixinhas de leite. Para aumentar a eficiência do aquecedor, eles pintaram as caixinhas de leite na cor preta.
 - a. Se as caixinhas de leite fossem pintadas de outra cor, isso afetaria o funcionamento do aquecedor solar? Explique o motivo da sua resposta.
 - b. Em dias de pouco sol na sua comunidade, como o Aquecedor Solar de Baixo Custo seria útil? Dê exemplos e justifique sua resposta.
2. Sabendo que, em muitas casas, o chuveiro elétrico pode representar cerca de 30% do consumo total de energia, quais impactos isso pode ter na vida das famílias da sua comunidade? De que forma o uso de um aquecedor solar de baixo custo poderia ajudar a transformar essa realidade?
3. Observe a imagem do aquecedor solar abaixo. Ele é parecido com o que construímos juntos durante as últimas aulas. Agora, imagine que uma pessoa não tem todos os materiais mostrados na figura, mas tem outros mais comuns, como garrafas PET e outros materiais recicláveis.

Figura 1. Esquema representativo do ASBC



Fonte: (Gama; Allain, 2021, p. 6)

Pergunta: O que você sugeriria para substituir alguns dos componentes do aquecedor solar, de modo que ele continue funcionando? Explique como esses materiais alternativos poderiam ser usados para manter o aquecedor solar funcionando corretamente.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

3.4.2.3 Terceira Etapa: Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico

A terceira etapa teve como objetivo articular os saberes construídos nas etapas anteriores com a realidade concreta dos estudantes, por meio de ações que envolvessem análise crítica, aplicação prática e comunicação do conhecimento. Inspirado em Muenchen e Delizoicov

(2014), essa etapa visa sistematizar o conhecimento construído pelos alunos, permitindo que eles analisem e interpretem tanto as situações inicialmente problematizadas quanto outras situações semelhantes, que, embora não tenham sido discutidas na etapa inicial, podem ser compreendidas com base no conhecimento desenvolvido ao longo da SD (Quadro 13).

Quadro 13. Terceira etapa da SD fundamentada na abordagem CTS-Freire

3ª Etapa: aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico Tempo estimado total: 2 aulas de 50 minutos.		
Subetapas	Temática	Recurso e estratégias
6. Retomada e aprofundamento do problema inicial da atividade proposto no primeiro momento pedagógico	1. Retomada do problema social inicial (questão social original – objeto da atividade pedagógica). 2. A importância da reutilização e da reciclagem. 3. O ASBC enquanto uma alternativa econômica e viável para a comunidade.	Recurso: TSD a partir do ASBC. Estratégia: Realização de um grupo focal com discussões em grupo acerca de aspectos socioambientais discutidos nos momentos anteriores e a discussão acerca da montagem, estrutura e funcionamento da TSD desenvolvida.
7. Discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído	4. Impacto ambiental; 5. Impacto social; 6. Sustentabilidade; 7. Diminuição do consumo de energia elétrica.	Recurso: TSD a partir do ASBC; Folder sobre as TSD para a comunidade local. Estratégia: Realização de um grupo focal com discussões em grupo sobre a importância da TSD frente à aspectos socioambientais. Desenvolvimento e distribuição de um folder para a comunidade escolar e local.
8. Socialização do artefato mediador pedagógico elaborado pelos estudantes à comunidade social	8. Análise do funcionamento da Tecnologia Social; 9. Possibilidades e limites da Tecnologia Social. 10. Importância da TSD para a comunidade local.	Recurso: Tecnologia Social Didática do ASBC. Estratégia: Em conjunto, os estudantes discutem, preparam e apresentam a TSD à comunidade social (escolar, local e de especialistas), com o propósito de estimular a reflexão sobre os problemas sociais e introduzir a proposta na comunidade local como uma TS.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Subetapa 6 - Retomada e aprofundamento do problema inicial (objeto da atividade) proposto na primeira etapa

Na sexta subetapa, foram revisitados os problemas sociais, ambientais e econômicos debatidos anteriormente, retomando as discussões sobre os impactos negativos das fontes de energia convencionais e a importância de soluções sustentáveis. Desse modo, a TSD em forma de ASBC foi colocada em evidência como uma alternativa econômica e viável, especialmente para contextos em que os estudantes estão inseridos. Também se discutiu o papel da reutilização e da reciclagem de materiais utilizados, ressaltando a relevância dessas práticas para a construção da TSD. A principal estratégia utilizada foi a realização de um grupo focal, no qual os estudantes, juntamente com o professor, debateram e analisaram criticamente o

funcionamento da TSD finalizada, relacionando suas aprendizagens com os problemas sociais apresentados na primeira etapa da SD.

Subetapa 7 - Apresentação, análise e discussão de novas situações

Na sétima subetapa, deu-se continuidade ao grupo focal realizado, tendo como foco a ampliação da reflexão dos estudantes a partir de novas questões relacionadas à sustentabilidade, ao consumo consciente de energia, ao impacto ambiental e à aplicação das TS em seu cotidiano. A TSD, finalizada como ASBC, foi a principal ferramenta material utilizada na atividade, servindo como mediadora do objeto da atividade (objeto/ demanda social local da primeira etapa), incentivando reflexões mais profundas sobre o papel das TS na transformação de realidade local. Como produto final, os estudantes participaram da distribuição na comunidade local de um folder-convite, elaborado com o objetivo de convidar a comunidade local a visitarem a escola, conhecerem o projeto, debaterem com os estudantes sobre a montagem de diferentes TSD e conscientizarem-se sobre a importância das TS no dia a dia e possibilidade de sua implementação na comunidade local (Figura 9).

Figura 9. Folder de divulgação e convite para a socialização das TSD



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Subetapa 8 - Socialização do artefato mediador pedagógico elaborado pelos estudantes à comunidade social

Por fim, na oitava subetapa, os estudantes tiveram a oportunidade de socializar o conhecimento adquirido e a experiência vivenciada ao longo do processo formativo (todo o

processo de TSD) com a comunidade escolar, comunidade local e comunidade de especialistas. Nessa etapa ocorreram a organização, preparação e apresentação da TSD do ASBC para os sujeitos da comunidade escolar e local, com destaque para a análise do funcionamento da TSD desenvolvida e uma reflexão coletiva sobre suas possibilidades e limitações (Figura 10).

Figura 10. A realização do terceiro momento com os estudantes da educação básica e a comunidade local



Fonte: Acervo do autor (2025).

3.5 Considerações Finais

O ensino de Ciências enfrenta, atualmente, uma série de desafios que refletem as complexas demandas sociais, éticas, ambientais e econômicas da contemporaneidade (Vasconcelos; Freitas, 2012). A todo momento, a sociedade contemporânea se depara com dilemas que envolvem os impactos e as inter-relações entre a Ciência e a Tecnologia, o que demanda uma abordagem educacional que vá além da simples transmissão de conteúdos.

Nesse contexto, a proposta do Produto Educacional, como ferramenta mediadora do objeto da atividade pedagógica, apresentada neste capítulo, estruturado por uma SD fundamentada na abordagem CTS-Freire, nas dimensões e Indicadores da TSD evidencia a necessidade de tornar o ensino de Ciências mais contextualizado, possibilitando a construção de currículos que se articulam com a realidade concreta dos estudantes e valorizam a integração

de temáticas sociais relevantes, como: ambiente, saúde, economia, política, entre outras ao ensino de Ciências, de modo a promover uma aprendizagem comprometida com a formação de sujeitos atuantes na sociedade (Almeida; Gehlen, 2019).

Diante dos desafios ambientais contemporâneos, torna-se urgente ao professor repensar suas práticas pedagógicas. Dessa forma, a MSTP da TS para a TSD, proposta neste capítulo, representa, nessa perspectiva, uma proposta pedagógica que não apenas articula os saberes científicos à realidade dos estudantes, mas também busca promover uma ACT voltada para a transformação social. Assim, reafirma-se a importância de práticas educativas e intencionalidade docente que formem sujeitos críticos e capazes de intervir em suas comunidades, na direção de uma sociedade mais justa e sustentável.

As TSD, por exemplo, do sistema de Captação de Água da Chuva, do Biodigestor e do Aquecedor Solar de Baixo Custo etc., integradas ao currículo escolar, além de promoverem um ensino de Ciências de uma forma interdisciplinar ao integrar componentes como Ciências, Matemática, Geografia, História e Artes, possibilitam o desenvolvimento de práticas pedagógicas que dialogam com os contextos de vida dos estudantes. Nesse sentido, a proposta das TSD, além de integrar o ensino e a aprendizagem de diferentes temáticas, conceitos e conteúdos científicos, também busca fomentar a formação de sujeitos críticos, capazes de reconhecer os impactos socioambientais das escolhas humanas e de propor alternativas mais sustentáveis. Por fim, com um olhar para o que propõem Fernandes, Fernandes e Santos (2024), a proposta além de envolver a comunidade escolar, também busca envolver a comunidade local, fazendo com que além da abordagem e apresentação das TSD, os estudantes busquem conscientizar a população sobre problemas de distintas naturezas que os perpassam, atuando como agentes de transformação e intervenção social.

Por fim, cabe destacar que, no capítulo “Resultados e Discussão da Pesquisa”, avalia-se também a capacidade da proposta das TSD em se constituir, de fato, como um agente de conscientização e de melhoria do ensino de Ciências, a partir do instrumento de análise proposto.

3.6 Referências Bibliográficas

ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

ALMEIDA, E. S.; GEHLEN, S. T. Organização curricular na perspectiva Freire-CTS: propósitos e possibilidades para a Educação em Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 21, n. e11994, p. 1-24, 2019.

AQUINO, H. C. FERNANDES, I. H., PAULA, L. T. F., BARBOSA, M. E. S., MARTINS, A. R., PIRES, U. Situação de Estudo baseada no Biodigestor. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (org.). **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. cap. 10, p. 197-216. ISBN 978-65-5563-211-8.

AULER, D. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação., Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D. Freire, fermento entre os oprimidos: continua sendo?. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, n. e33706, p.1-30, 2021.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Relações estabelecidas por professores: neutralidade, tecnocracia e enfoque CTS. In: Seminário Ibérico CTS no Ensino das Ciências – Perspectivas Ciência – Tecnologia – Sociedade na Inovação da Educação Em Ciência, 3., 2004, Aveiro. **Anais [...]**. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2004. p. 173-177.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas críticas**, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Compreensões de alunos da educação básica sobre interações CTS. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru. **Atas[...]**. Bauru: 2005.

AULER, D.; MUENCHEN, C.; SOARES, M. F; GEHLEN, S. T.; GRIEBELER, A.; SANTINI, E. L.; STRIEDER, R. B.; VEDOOTTO, C. S. Transporte particular x coletivo: intervenção curricular pautada por interações entre ciência-tecnologia-sociedade. **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 1-5, 2005.

AULER, D.; FENALTI, V. S.; DALMOLIN, A. M. T. Abordagem Temática: Temas em Freire e no Enfoque CTS. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Atas[...]**. Florianópolis: 2009.

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BARROSO, H. V.; GOMES, J. A. T.; SOUZA, G. B.; MIRANDA, L. C.; GIORDANI, S. Situação de Estudo baseada na Captação de Água da Chuva. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias Sociais da Permacultura & Educação Científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 8. p. 162-176.

BAZZO, V. A; PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, G. L. **Conversando sobre a Educação Tecnológica**. 2 ed. Florianópolis: Editora, UFSC, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018.

CALVÃO, A. L.; GAMA, B. S. Conhecendo algumas tecnologias sociais da Permacultura. In: ALLAIN, L. R., FERNANDES, G. W. R., (Org.). **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 2, p. 49-76.

CROCHÍC, J. L.; MASSOLA, G. M.; SVARTMAN, B. P. A ideologia do cientificismo. **Psicologia USP**, v. 26, n. 1, p. 1-3, 2015.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DIONYSIO, R. B.; CHRISPINO, A.; CARVALHO, A. P. M.; MENEZES, R. F. A.; XAVIER, G. P. O. Representatividade de Paulo Freire no ensino de CTS brasileiro: olhares por meio da análise de redes sociais. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 460-476, 2020.

FACIN, P. C.; JACOBS, A. L. A alfabetização científica e tecnológica e o aproveitamento da energia solar: meio ambiente, sociedade e sustentabilidade. **Revista Conexão UEPG**, v. 6, n. 1, p. 54-59, 2010.

ENGESTRÖM, Y. **Aprendizagem expansiva**. Tradução Fernanda Liberali. 2. ed. Campinas, SP: Pontes, 2016.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding**: An activity-theoretical approach to development research. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Non Scolae sed vitar discimus. Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (org.). **Uma introdução a Vygotsky**. Tradução Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002.

FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R.; DIAS, I. R. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

FERNANDES, G. W. R.; ARAÚJO, A. O.; SANTOS, D. L. Proposições de situações de estudo a partir de práticas de permacultura e tecnologias sociais. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. Cap. 5, p. 117-124.

FERNANDES, G. W. R.; BARBOSA, G. M.; ALLAIN, L. R.; SANTOS, D. L. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Integrada 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**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 231-259, 2024. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231).

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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)**, v. 26, e53183, p. 1-21, 2024.

GAMA, B. S.; ALLAIN, L. R. A Permacultura e sua Dimensão Axiológica na Afet (ação) de Estudantes do Ensino Fundamental. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-25, 2025.

GUEDES, B. G. A.; NASCIMENTO, G. A. S.; SANTOS, J. L. C.; BARROSO, J. D.; SILVA, I. R. M. Situação de Estudo baseada no Aquecedor Solar de Baixo Custo. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias Sociais da Permacultura & Educação Científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 6. p. 125-140.

LOVATTI, F. A. Educação Financeira no Ensino Médio: contribuições da educação matemática crítica. In: Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, 20, Curitiba/PR. **Anais [...]**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2016.

MARASCHIN, A. A; FONSECA, E. M.; LINDEMANN, R. H. Freire-CTS e/ou CTS-Freire? Contribuições para o Ensino de Ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 319-343, 2023.

MINAS GERAIS. **Currículo Referência de Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 4 nov. 2024.

MUENCHEN, C; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro " Física". **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

RODRIGUES, F. I. S. **Uso de Aquecedor Solar de Baixo Custo no Preaquecimento de Água para Cocção de Alimentos**. 2019. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Pernambuco., Recife, 2019.

ROSO, C. C. **Transformações na Educação CTS: uma proposta a partir do conceito de Tecnologia Social**. 2017. 190p. Tese. (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

ROSO, C. C.; SANTOS, R. A.; ROSA, S. E.; AULER, D. Currículo temático fundamentado em Freire-CTS: engajamento de professores de Física em formação inicial. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 2. p. 372-389, 2015.

SANTOS, A. B.; MOREIRA, A. L. O. R. Concepções de ciência, tecnologia e sociedade na formação inicial de professores de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 10., 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. São Paulo: Abrapec, p. 1-8, 2015.

SIQUEIRA, D. A. **Estudo de Desempenho do Aquecedor Solar de Baixo Custo**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

UREL, D. E. Paulo Freire e os três momentos pedagógicos. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 1, 2022.

CAPÍTULO 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Este capítulo tem como objetivo apresentar, de forma detalhada, os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. Para isso, serão descritas as características da investigação, o contexto em que foi realizada, o perfil dos participantes envolvidos, bem como as técnicas e os instrumentos utilizados na coleta e análise dos dados. A proposta é permitir ao leitor compreender os caminhos metodológicos que sustentam o estudo e como a pesquisa foi conduzida, possibilitando a análise crítica dos resultados que serão discutidos posteriormente.

4.1 Caracterização da Pesquisa

Esta dissertação consiste em uma pesquisa de abordagem qualitativa (Lüdke; André, 1986). Nesse sentido, Godoy (1995) destaca a relevância desse tipo de pesquisa, pois ela permite o estudo de fenômenos que envolvem os seres humanos e suas relações sociais, estabelecidas em diferentes contextos e ambientes. Além disso, trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva à medida que visa descrever um fenômeno estudado (Flick, 2009) dentro de um contexto específico.

Quanto ao método, esta pesquisa se caracteriza como uma pesquisa-ação, ou seja, um método no qual há o envolvimento direto do pesquisador. Nesse sentido, Baldissera (2001) ressalta que um método dessa natureza agrega diversas técnicas de pesquisa social, englobando, segundo o autor, técnicas que vão desde a “[...] coleta e interpretação dos dados, de intervenção na solução de problemas e organização de ações, bem como de técnicas e dinâmicas de grupo para trabalhar com a dimensão coletiva e interativa na produção do conhecimento e programação da ação coletiva” (Baldissera, 2001, p. 7).

Quanto ao delineamento da pesquisa, esta dissertação se caracteriza como uma pesquisa de campo (Gil, 2008), pois realiza a coleta de dados junto a estudantes de uma escola localizada em um distrito pertencente à rede municipal de Diamantina, Minas Gerais. Segundo Gonsalves (2001), a pesquisa de campo:

[...] é o tipo de pesquisa que pretende buscar a informação diretamente com a população pesquisada. Ela exige do pesquisador um encontro mais direto. Nesse caso, o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre, ou ocorreu e reunir um conjunto de informações a serem documentadas o (Gonsalves, 2001, p.67).

Por fim, quanto à ética da pesquisa, este estudo faz parte de um conjunto de ações para fortalecer e compreender a educação básica, e está amparado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), dentro de um projeto maior denominado “Caracterização dos projetos, programas e ações de intervenção em Ciências Naturais nas escolas vinculadas à Superintendência Regional

e Secretaria Municipal de Ensino de Diamantina” com o número CAAE 64530622.1.0000.5108.

4.2 Caracterização do Cenário e Participantes Da Pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa desta dissertação contou com o apoio do Grupo de Estudo e Pesquisa em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) (comunidade de especialistas) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). A pesquisa também teve apoio dos professores de Matemática, História, Artes e Ciências da instituição escolar (comunidade escolar) em que foi realizada a coleta de dados. Além disso, teve o suporte da direção da escola, incluindo a diretora, a supervisora e demais membros do corpo diretivo da instituição.

As intervenções pedagógicas, a coleta de dados e demais ações desta pesquisa foram realizadas em uma escola situada no distrito de Mendanha, pertencente ao município de Diamantina, interior do estado de Minas Gerais. De acordo com o Censo Demográfico de 2022, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Mendanha possui uma população de 541 habitantes. Dessa forma, a comunidade em que a escola está inserida possui características predominantemente rurais, com a economia local baseada, em grande parte, na agricultura familiar, em trabalhos autônomos, no turismo e em programas de assistência social governamental, havendo também famílias com um perfil socioeconômico frágil, influenciando diretamente o cotidiano escolar (Gomes, 2024), trazendo desafios e potencialidades que foram considerados durante o planejamento e a execução das intervenções pedagógicas.

A história da instituição escolar também é marcada por transformações significativas, estando entrelaçada à trajetória da própria comunidade, tendo evoluído a partir de esforços coletivos ao longo das décadas. Até meados da década de 1950, a escola funcionava em um prédio cedido pela própria comunidade. Em 1954, passou a ocupar um prédio próprio e, anos depois, em 6 de julho de 1974, teve seu funcionamento autorizado oficialmente pela Portaria nº 053/82, publicada em 23 de janeiro de 1982. Atualmente, a instituição atende alunos da educação infantil aos anos finais do ensino fundamental, configurando-se como um importante espaço de formação para crianças e adolescentes da região.

A coleta de dados para a pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2024, abrangendo os meses de agosto e setembro, com conclusão na primeira semana de outubro. O Produto Educacional, apresentado anteriormente, foi desenvolvido em todas as turmas (Quadro 14). É importante destacar que, por se tratar de uma escola situada em uma comunidade predominantemente rural, o número de estudantes por turma é relativamente reduzido.

Quadro 14. As TSD desenvolvidas nos anos finais do ensino fundamental

Turma	Número de alunos	TSD desenvolvida
6º ano	5 estudantes	Sistema de Captação de Água da Chuva
7º ano	6 estudantes	Biodigestor Didático
8º ano	6 estudantes	Aquecedor Solar de Baixo Custo
9º ano	7 estudantes	Aquecedor Solar de Baixo Custo

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para essa pesquisa, serão analisados os dados do 8º ano, em que participaram seis estudantes. Para preservar a identidade dos participantes, seus nomes não serão divulgados, sendo representados por pseudônimos: Verônica, Guilherme, Amanda, Alice, Bruno e Sônia.

4.3 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados

A coleta de dados deste trabalho ocorreu por meio da utilização das ferramentas mediadoras (instrumentos físicos e simbólicos), organizada a partir da aplicação de uma SD fundamentada na abordagem CTS-Freire, conforme proposto por Fernandes, Allain e Dias (2022) e Fernandes, Araújo e Santos (2022) e pelo desenvolvimento de uma TSD (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados tanto de forma oral quanto escrita durante o desenvolvimento da SD baseada no estudo e desenvolvimento da TSD do ASBC na Educação Básica (Capítulo 3). A coleta em formato oral ocorreu por meio de gravações de voz e vídeo, utilizando gravadores e uma câmera *GoPro* (modelo *Hero10 Black*), com o objetivo de registrar todas as interações durante as atividades. Já os dados em formato escrito, foram obtidos por meio da aplicação de uma avaliação somativa (Quadro 12 do Capítulo 3). Todo o material gravado foi posteriormente transcrito e organizado em turnos de fala, estruturados conforme as diretrizes propostas por Carvalho (2011).

4.4 Metodologia de Análises dos Dados

Para esta pesquisa, analisaram-se as falas e/ou os argumentos dos estudantes nas seguintes etapas: 1) Problematização e análise do objeto da atividade; 2) Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico; e 3) Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico, juntamente com suas respectivas subetapas no desenvolvimento da TSD do ASBC. Para cada uma delas, buscou-se verificar e compreender e caracterizar o desenvolvimento da ACT escolar (Quadro 2 do Capítulo 1) e (Fernandes;

Fernandes; Santos, 2024, p. 6), que abrange as dimensões Prática, Cultural, Cívica e de Transformação Social.

4.4.1 Etapas de Análise

Com base na organização apresentada nos tópicos anteriores, e após a coleta e transcrição dos dados conforme as diretrizes mencionadas, o Quadro 15, a seguir, apresenta a estrutura dos tópicos analisados nos resultados.

Quadro 15. Etapas de análise da SD na abordagem CTS-Freire

Etapas de Análise	Subetapas de Análise
1ª Etapa - Problematização e análise do objeto da atividade	(I) Identificação de um problema social local (objeto/demanda).
	(II) Discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/demanda).
	(III) Discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social.
2ª Etapa – Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico	(IV) Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido.
	(V) Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local.
3ª Etapa - Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico	(VI) Retomada e aprofundamento do problema social da atividade, proposto na primeira etapa;
	(VII) Discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído;
	(VIII) Socialização do artefato mediador pedagógico (ferramentas simbólicas e materiais) elaborado pelos estudantes à comunidade social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5 Referências Bibliográficas

- BALDISSERA, A. Pesquisa-ação: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo. **Sociedade em Debate**, v. 7, n. 2, p. 5-25, 2001.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T; GRECA, I. M. **A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2011. Cap. 2. p. 13-47.
- FERNANDES, G. W. R.; ALLAIN, L. R.; DIAS, I. R. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.
- FERNANDES, G. W. R.; ARAÚJO, A. O.; SANTOS, D. L. Proposições de situações de estudo a partir de práticas de permacultura e tecnologias sociais. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. (Org.). **Tecnologias sociais da permacultura e educação científica: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. Cap. 5, p. 117-124.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa**: coleção pesquisa qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 2009. 196 p. Tradução de: Roberto Cataldo Costa.

GIL, A. C. Como classificar as pesquisas. **Como elaborar projetos de pesquisa**, v. 4, n. 1, p. 44-45, 2002.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GONSALVES, E.P. **Iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Alínea, 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**: temas básicos de educação e ensino. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1986. 10 p. 1986.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA

Este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir os resultados empíricos obtidos a partir da aplicação de uma TSD no contexto da Educação Básica, à luz da abordagem CTS-Freire (ver Capítulo 3). A análise concentra-se na mobilização das dimensões da ACT escolar pelos estudantes evidenciadas ao longo das diferentes etapas do processo pedagógico. Nessa perspectiva, com base na Teoria da Atividade, compreende-se que o processo de ensino e aprendizagem é desencadeado a partir de um objeto socialmente relevante. Assim, buscou-se criar condições para que os sujeitos transformassem o objeto inicial (um problema social identificado) em um resultado. Desse modo, procura-se compreender como a TSD desenvolvida contribuiu para as dimensões da ACT (prática, cívica e cultural) e, principalmente, para a dimensão de transformação social, à medida que os estudantes construíram argumentos, problematizaram questões sociais, articularam conhecimentos científicos e refletiram criticamente sobre a própria realidade (resultado), revelando as potencialidades de uma prática pedagógica intencionalmente planejada para articular Ciência, Tecnologia e Sociedade no cotidiano escolar.

5.1 Primeira Etapa: Problematização e análise do objeto da atividade

As subetapas “identificação de um problema social local (objeto/demanda)”, “discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/demanda)” e “discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social”, apresentam recortes de turnos de fala que contemplam os conceitos e conteúdos trabalhados no primeiro momento pedagógico. Nessa fase, foram abordadas, discutidas e problematizadas temáticas relacionadas aos conhecimentos prévios e saberes locais e culturais dos estudantes, assim, Teixeira e Sobral (2010, p. 669) afirmam que:

Os conhecimentos prévios podem ser considerados como produto das concepções de mundo da criança, formuladas a partir das interações que ela estabelece com o meio de forma sensorial, afetiva e cognitiva, ou, ainda, como resultado de crenças culturais e que, na grande maioria das vezes, são de difícil substituição por um novo conhecimento. (Teixeira; Sobral, 2010, p. 669).

Por sua vez Xavier e Flôr (2015) destacam a importância de se considerar os saberes populares ensino de ciências, estes são fundamentais para um ensino de Ciências que dialogue com o contexto dos estudantes e, dessa forma, parte “de um saber local, das suas contradições e demandas, permitindo um ensino dentro de um contexto real, contribuindo para a formação de um indivíduo mais crítico e capaz de atuar na construção de uma sociedade menos desigual” (Xavier; Flôr, 2015, p. 325).

É nessa perspectiva, em um contexto que se busca um olhar para a ACT em um ambiente escolar que Bonfim (2015) chama a atenção para a necessidade de refletir sobre a forma como os conteúdos de Ciências vêm sendo trabalhados em sala de aula, destacando que as ações educativas devem ser planejadas de modo intencional para promover a essa ACT. Assim, Bonfim (2015) ainda destaca que o ensino de Ciências não deve se limitar à transmissão de conceitos, mas contribuir para que os estudantes, desenvolvam a capacidade de analisar criticamente e tomar decisões conscientes diante das consequências e impactos que a Ciência e a Tecnologia acarretam às suas vidas, na sociedade e no meio ambiente.

5.1.1 Identificação de um problema social local (objeto/demanda)

No recorte, exemplificado no Quadro 16, foram realizadas atividades dialógicas que compõem a primeira subetapa da SD, “identificação de um problema social local”, na qual foram abordadas temáticas que estabelecem conexões com questões diretamente relacionadas ao cotidiano dos estudantes. No desenvolvimento dessa etapa, Duré, Andrade e Abílio (2018, p. 260) destacam que “os conceitos e termos passam a ter mais significado para o estudante quando ele consegue acessar exemplos suficientes para construir associações e analogias, contextualizando o conteúdo com suas experiências pessoais”. O Quadro 16 exemplifica a discussão inicial, aprofundada a partir da mediação do professor, que passa a questionar os estudantes sobre os aspectos relacionados à temática, como os diferentes tipos de fontes de energia e seus impactos socioambientais.

Quadro 16. Introdução de um problema social: As fontes energéticas e seus impactos socioambientais

Turnos	Falas	ACT escolar
42	Professor: Qual dessas fontes de energia aqui vocês conhecem?	
43	Verônica: Eu conheço a energia solar.	Prática.
44	Guilherme: A solar, a eólica...	Prática.
45	Amanda: A energia das águas. Eu esqueci o nome... (Energia Hidrelétrica).	Prática.
46	Verônica: Eu já vi também!	-
47	Professor: A energia proveniente das águas vocês não conseguem lembrar o nome ... não?	
48	Verônica: Não, esqueci.	
49	Alice: Eu já vi o primeiro e o segundo, com aqueles ventiladores (turbina dos geradores de energia eólica).	Prática. Cultural.
50	Bruno: Eu já vi aquele símbolo no " <i>Free Fire</i> ". É energia nuclear (Identifica o símbolo de “perigo” com a usina nuclear presente no jogo).	Prática. Cultural.
51	Professor: Sim, energia nuclear. E esse aqui, vocês sabem qual é?	
52	Verônica: É uma usina hidrelétrica.	Prática.

53	Professor: Por exemplo, para a construção de uma usina hidrelétrica, vocês imaginam que vai acontecer o quê depois que a gente instalar ela? Por exemplo, o que é preciso para isso? Olha, vocês estão vendo ali (...) mudou o curso do rio.	
54	Verônica: Vive gente ali no Rio?	Cívica.
55	Bruno: Tem peixes que vivem ali dentro, né?	Cívica.
56	Sônia: Tem pessoas que dependem dos peixes?	Cívica.
57	Professor: Por exemplo, se a gente pensar em comunidades que vivem da pesca, o que vai acontecer se mudarem o curso do rio?	
58	Verônica: As pessoas que dependem da pesca não vão ter o que alimentar.	Cívica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No recorte analisado, é possível identificar um movimento gradual das dimensões da ACT escolar. Dessa forma, a partir do questionamento inicial feito pelo professor (Turno 42): “*Qual dessas fontes de energia aqui vocês conhecem?*”, observou-se, nos turnos 43 a 52, a mobilização predominante da **dimensão prática** da ACT escolar. Nesse recorte, os estudantes identificam diferentes fontes de energia (solar, eólica, hidrelétrica, nuclear), demonstrando um conhecimento prévio sobre os termos. À medida que os estudantes identificam e nomeiam diferentes fontes de energia, articulam, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6), “[...] conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica”.

Nos turnos 49 e 50, observa-se a emergência, mesmo que de forma inicial, da **dimensão cultural** da ACT escolar. Segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024), essa dimensão se manifesta com o entendimento por parte dos estudantes, dos contextos históricos e sociais em que permeiam o conhecimento científico e tecnológico, favorecendo debates e reflexões filosóficas e sociológicas acerca de sua natureza. Ao afirmar “Eu já vi o primeiro e o segundo, com aqueles ventiladores” (turno 49), Alice associa o movimento das turbinas à geração de energia eólica, mobilizando uma referência visual de um artefato de seu cotidiano (ventilador) para compreender um conceito científico (**dimensão prática**). De modo semelhante, Bruno, no turno 50, associa o símbolo da radiação no jogo Free Fire à energia nuclear: “Eu já vi aquele símbolo no ‘Free Fire’, é energia nuclear”. A fala de Bruno também exemplifica a articulação entre o repertório de sua cultura (**dimensão cultural**) e a linguagem científica (**dimensão prática**) da ACT escolar.

Cabe destacar que, ao identificar a dimensão cultural nesse recorte, cabe destacar que sua caracterização em propostas como a de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025) integra também a [...] reflexão e discussão filosófica e sociológica sobre a natureza da ciência e da tecnologia” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6). Contudo, a análise proposta identifica manifestações mais situadas e iniciais dessa dimensão, centradas em associações com elementos culturais emergentes nas falas dos estudantes.

Com o avanço das discussões, entre os turnos 53 e 59, o foco da atividade desloca-se qualitativamente para uma reflexão crítica sobre os impactos sociais e ambientais da construção de uma usina hidrelétrica. Nesse trecho, começa a ser evidenciada a **dimensão cívica** da ACT escolar, identificada quando os estudantes “[...] lidam com decisões que envolvem a aplicação e contextualização social dos conhecimentos científicos e tecnológicos” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6), presente nas falas dos estudantes que passam a considerar os efeitos de tais empreendimentos sobre populações ribeirinhas e sobre a fauna aquática, como nos turnos de fala de Verônica (turno 54, 58), Bruno (55) e Sônia (56).

Conclui-se, portanto, que a partir da problematização inicial do professor, os estudantes mobilizam seus conhecimentos prévios ao identificar diferentes fontes de energia, o que evidencia a dimensão prática da ACT escolar. A dimensão cultural, nessa subetapa, conforme destacam Fernandes, Santos e Fernandes (2025), manifesta-se quando os estudantes compreendem o conhecimento científico e tecnológico em seus contextos históricos e sociais. Com o avanço das discussões e a introdução de um problema social: a construção de uma usina hidrelétrica, observa-se a emergência da dimensão cívica da ACT escolar, na medida em que os estudantes articulam o conhecimento científico a questões sociais e ambientais do cotidiano. Assim, o conhecimento científico assume um papel formativo, contribuindo para o desenvolvimento de uma postura crítica diante das implicações das decisões tecnológicas na sociedade. Entretanto, um aspecto a se destacar diz respeito à **dimensão transformação social**, que ainda não se manifesta nesse trecho, o que está em consonância com Fernandes, Santos e Fernandes (2025), ao destacarem que essa dimensão não emerge de forma imediata, mas resulta da articulação das demais dimensões, mediada pela intencionalidade pedagógica do professor.

5.1.2 Discussão e análise coletiva do problema social local (objeto/demanda)

Nessa subetapa da SD (Quadros 17 e 18), a discussão tem como ponto de partida um vídeo apresentado aos estudantes, que aborda as consequências ambientais e sociais da construção da usina de Belo Monte. Com o avanço das interações (Quadro 18), observa-se que os estudantes passam a relacionar os impactos socioambientais abordados no vídeo com aspectos da realidade vivenciada em sua própria comunidade. Nesse contexto, Silva *et al.* (2014) destacam a importância da discussão de aspectos socioambientais no âmbito do ensino de Ciências, pois permite compreender como os determinantes físicos, sociais, econômicos e culturais nos quais indivíduos estão inseridos influenciam diretamente as suas condições de vida. Com um olhar para a ACT escolar, Mello e Guazzelli (2011, p. 34) destaca que ela busca

proporcionar aos estudantes “[...] competências que os habilitará na participação de discussões e tomada de decisões sobre questões socioeconômicas, culturais e ambientais do dia a dia de cada um, dando ênfase às dimensões cognitiva, afetiva, atitudinal, ética e cultural tanto individual quanto coletivamente”.

Quadro 17. Discussão sobre impactos socioambientais da Usina de Belo Monte

Turnos	Falas	ACT escolar
159	Professor: E além disso, o que a gente tinha visto nesse vídeo, pessoal? Alguma coisa chamou a atenção de vocês? Algo que vocês falaram assim: “nossa!”.	
160	Verônica: Igual, eu vi que essa usina provocou muitos acidentes para a comunidade. As pessoas tiveram que se deslocar de suas casas, quando começou a barragem.	Cívica.
161	Sônia: Muitos peixes morreram por conta da água que ficou poluída.	Cívica.
162	Professor: Vocês viram falar, por exemplo, do oxigênio na água? O que aconteceu?	
163	Verônica: É que quanto mais fundo era ... menos oxigênio tinha.	Prática.
164	Professor: E o que o peixe precisa para sobreviver nesse ambiente?	
165	Amanda: Oxigênio.	Prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base na análise do recorte apresentado (Quadro 17), observa-se que, no turno 159, o professor retoma o vídeo exibido em aula e incentiva os estudantes a destacarem os elementos que mais os impactaram. A partir disso, no turno 160, a estudante afirma: “*Verônica: Essa usina provocou muitos acidentes para a comunidade. As pessoas tiveram que se deslocar de suas casas, quando começou a barragem.*”. Nessa perspectiva, observa-se também o turno 161, a estudante Sônia “[...] *Muitos peixes vieram a morrer por conta da água que ficou poluída*”. A análise dos turnos de fala 160 e 161 evidencia o que Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6) descrevem como a **dimensão cívica** da ACT escolar, na qual os estudantes refletem criticamente sobre aspectos sociotecnológicos e sociocientíficos relacionados “[...] à economia, à indústria, ao consumo, à tendência estética, à ética, à crença no progresso, entre outros”.

A ACT escolar, que inicialmente estava situada em uma **dimensão cívica**, nos turnos 163 e 165, a partir de um questionamento do professor, transiciona para a **dimensão prática** com as estudantes. Verônica (turno 163) e Amanda (turno 165) que então, mobilizam conhecimentos científicos para explicar a relação entre a profundidade da água, a diminuição da concentração de oxigênio e dependência deste para a sobrevivência dos peixes.

A análise dos turnos de fala 166 a 178 no Quadro 18, evidencia, com base em Mello e Guazzelli (2012), a importância da discussão no ensino de Ciências acerca de aspectos sociocientíficos e da participação social em processos que envolvem a Ciência, Tecnologia e a Sociedade, possibilitando que os estudantes compreendam os problemas que enfrentam em seu

cotidiano e se mobilizem para buscar soluções, formando cidadãos capazes de intervir e propor mudanças para transformar a sua realidade (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024).

Quadro 18. A discussão sobre problemas que afetam a comunidade

Turnos	Fala	ACT escolar
166	Verônica: Ontem, no rio aqui de Mendanha, estava descendo bastante esgoto.	Prática. Cívica.
167	Professor: Vocês conseguem tirar foto desse lugar?	
168	Sônia: (responde afirmativamente com um gesto ou aceno).	-
169	Professor: É legal a gente ter uma foto disso... pois nós vamos apresentar depois o que vocês fizeram para os pais de vocês... se vocês conseguirem tirar foto... a gente consegue fazer um cartaz e falar: olha, isso aqui está acontecendo aqui em Mendanha!	
170	Verônica: Porque aí, o que acontece? Onde o esgoto estava descendo... só que ontem já estava muito pior.	Cívica.
171	Professor: E tem moradores que vivem perto?	
172	Bruno: Minha avó, perto de onde ela morava, tinha um cano que despejava o esgoto lá.	Cívica.
173	Verônica: Aí... tinha quatro tilápias do lado onde o esgoto estava. Só que, olha o povo daqui de Mendanha, eles, tipo assim, se for para falar disso, ninguém vai ... A gente fez a Feira de Ciências aqui na escola há um tempo, quase ninguém veio.	Cívica. Cultural.
174	Sônia: Verdade.	-
175	Alice: Verdade.	-
176	Verônica: O povo daqui de Mendanha, se for para falar de coisas desse tipo, ninguém vem, se fosse um bingo, alguma festa de rua, todo mundo viria, ia encher.	Cívica. Cultural.
177	Professor: Sim.	
178	Verônica: Agora... quando é para falar de tratamento de esgoto, de sei lá, coisas relacionadas à saúde, ninguém quer participar.	Cívica. Cultural. Transformação social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nos turnos de fala do recorte apresentado (Quadro 18), continuação do Quadro 17, com o avanço das discussões, os estudantes passam a refletir sobre sua própria realidade, destacando questões de natureza social e ambiental, além de problematizarem a participação da comunidade. Observa-se que, a partir da mediação do professor, os estudantes identificam um problema real em sua comunidade e o discutem de forma crítica, mobilizando, assim, de forma integrada, as dimensões prática, cultural, cívica e de transformação social da ACT escolar.

Nesse contexto, no turno 166, a fala da estudante Verônica: “*Ontem, no rio aqui de Mendanha, estava descendo bastante esgoto*”, inaugura um movimento de problematização com base em sua vivência local ao relatar o despejo de esgoto no rio da comunidade. Essa enunciação, inicialmente situada na **dimensão prática** ao tratar da temática de poluição hídrica como fenômeno concreto, evolui para a **dimensão cívica**, à medida que a estudante expande

sua crítica, ao trazer à tona reflexões sobre o impacto social e ambiental do vivenciado pela comunidade.

Nos turnos seguintes, os estudantes mobilizam fortemente a **dimensão cívica**, ao problematizar os impactos do manejo incorreto do esgoto e o impacto sobre os moradores e sobre a fauna aquática, evidenciado nos turnos 170, 172 e 173. A estudante Verônica retoma o problema do esgoto no turno 170, enquanto Bruno, no turno 172, acrescenta que há despejo próximo à casa de sua avó. No turno 173, Vitória amplia a denúncia ao relatar a presença de tilápias próximas ao esgoto. Essas falas revelam o aprofundamento do diálogo e a construção coletiva de um problema social.

Nos turnos 173 e 176, a estudante Verônica problematiza aspectos relacionados a valores, hábitos e crenças locais, ao criticar a baixa participação da comunidade em eventos voltados à discussão de temas socioambientais, contrastando essa postura com práticas culturais mais populares da comunidade. Essa crítica é reforçada quando Verônica (T173) comenta a baixa adesão à Feira de Ciências, observando-se, ainda, que há desinteresse por parte da comunidade mesmo em temas relevantes, como saúde pública e saneamento básico. Conforme destacam Fernandes, Fernandes e Santos (2024), nesses turnos de fala identifica-se a **dimensão cultural** da ACT escolar, ao evidenciar que a estudante demonstra compreensão dos contextos sociais e históricos nos quais o conhecimento científico e tecnológico se insere. A progressão discursiva culmina no turno 178, quando Verônica problematiza não apenas o despejo de esgoto, mas a falta de engajamento da própria comunidade para enfrentar a situação. Esse movimento sinaliza a transição da **dimensão cultural e cívica** para a **dimensão de transformação social** da ACT escolar, pois, além de reconhecer o problema, a estudante questiona estruturas e comportamentos sociais que o perpetuam. Ao problematizar essa necessidade de participação comunitária em questões de natureza social, que envolvem saúde e segurança pública, a fala de Verônica (T178) se aproxima do que Dagnino (2014, 2020) salienta em seus estudos, acerca da necessidade da mobilização, da participação e do empoderamento de grupos excluídos, evidenciando assim a dimensão de **transformação social**. Como apontam Fernandes, Fernandes e Santos (2024), essa dimensão emerge quando “[...] os estudantes passam a compreender e atuar de modo crítico e reflexivo sob questões de natureza política, social, éticas, econômicas e entre outras que envolvem a Ciência e a Tecnologia [...] presentes em suas vidas e na sociedade para que a sua realidade possa ser transformada” (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024, p. 6)

Por meio da análise desse recorte (Quadro 18) evidencia-se que as discussões propostas promoveram o engajamento dos estudantes com problemas reais de sua comunidade. Aliadas à

mediação docente e ao uso intencional de conceitos científicos, essas ações favoreceram a mobilização integrada de diferentes dimensões da ACT escolar, com destaque para a formulação de argumentações mais críticas, colaborativas e socialmente engajadas que favoreceram a emergência da **dimensão de transformação social**.

5.1.3 Discussão e análise coletiva da tecnologia (artefato mediador) relacionada ao tema social

Nesta subetapa da SD, foi realizada com os estudantes uma dinâmica voltada às questões controversas relacionadas à temática do ASBC e aos conteúdos problematizados nas etapas anteriores, visando promover discussões sobre aspectos de natureza social, ambiental, política e ética. A proposta buscou incentivar os estudantes a se posicionarem criticamente a partir de uma afirmação controversa do professor e, por meio dos conhecimentos construídos nas etapas anteriores, argumentarem concordando ou discordando da afirmação, apresentando, defendendo seus pontos de vista e debatendo soluções para os problemas apresentados. Nessa perspectiva, a discussão de questões controversas no ensino de Ciências é fundamental para fomentar a ACT, visto que, como defendem Farias e Firme (2021, p. 3), a abordagem de questões controversas “[...] envolve questões sociais, ambientais, econômicas, políticas, éticas e morais relativas às implicações e aplicações dos conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade”.

Com isso, buscou-se observar (Quadro 19), entre outros aspectos, como a dinâmica proposta influenciou o desenvolvimento e aparecimento das diferentes dimensões da ACT escolar.

Quadro 19. Discussão de questões controversas: os impactos ambientais acarretados pelas usinas hidrelétricas

Turnos	Falas	ACT escolar
220	Professor: (O professor apresenta a terceira afirmação aos estudantes para dar continuidade à discussão) A construção de usinas hidrelétricas é sempre positiva, pois gera energia limpa, sem nenhum impacto ambiental e social nas comunidades.	
221	Sônia: O que é a energia hidrelétrica mesmo?	Prática
222	Bruno: É aquela que a gente viu, que foi feita na barragem, energia que vem da água.	Prática.
223	Guilherme: Isso, a de Belo Monte.	Prática.
224	Verônica: Olha, eu discordo completamente, pois dizer que é uma energia limpa... sem impacto ambiental... essa afirmação é mentira! Porque no vídeo que a gente viu, aconteceram muitos impactos ambientais e sociais, precisou inundar alguns bairros, as pessoas tiveram que mudar para outros lugares, fez peixes morrerem... (Estudante gesticula e argumenta com entonação).	Cívica.
225	Guilherme: Tem coisa positiva e tem coisa negativa, mas tem mais coisa negativa.	Cívica

226	Sônia: Ela tem dois pontos, um ponto bom e um ponto ruim. O ponto ruim é por causa que ela sempre vai, tipo assim, como a Vitória mesmo disse, vai trazer impactos ambientais, vai matar os peixes.	Cívica
-----	--	--------

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A discussão iniciada no turno 220, a partir da proposição controversa: *“Professor: A construção de usinas hidrelétricas é sempre positiva, pois gera energia limpa, sem nenhum impacto ambiental e social nas comunidades”*, dá início a um debate, que se desenvolve nos turnos de 221 a 226, mobilizando diferentes dimensões da ACT escolar.

Ao observar esse momento inicial, nos turnos 221 a 223, percebe-se que os estudantes utilizam conhecimentos científicos e tecnológicos para responder ao questionamento da estudante Sônia no turno 221: *“O que é a Energia Hidrelétrica mesmo?”*. Desse modo, evidencia-se a presença da **dimensão prática** da ACT escolar (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025). Nas falas dos estudantes Bruno (T222), ao afirmar: *“é aquela que a gente viu, que foi feita na barragem, energia que vem da água”*, e Guilherme (T223) ao complementar *“Isso, a de Belo Monte”*. Esse movimento se aproxima do que Lorenzetti (2023) discute como o primeiro passo da ACT, ou seja, o acesso a conceitos e termos científicos fundamentais, necessários para interpretar fenômenos cotidianos.

Com base na análise dos turnos de fala subsequentes com os estudantes Verônica (T224), Guilherme (T225) e Sônia (T226), percebe-se uma transição da **dimensão prática** para a **dimensão cívica** da ACT escolar. Esse movimento corrobora o que destacam Lorenzetti, Siemsen e Oliveira (2022) e Lorenzetti (2023), ao apontarem que, a partir de seus conhecimentos prévios, os estudantes posicionam-se criticamente diante de questões relacionadas à sociedade, ao meio ambiente, entre outras.

Desse modo, esse movimento começa a ocorrer à medida que a estudante Verônica (T224) denuncia os efeitos ambientais e sociais, como a morte de peixes e o deslocamento de comunidades, identifica-se a presença da **dimensão cívica** da ACT escolar. Segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024), essa dimensão se expressa quando os estudantes são incentivados a argumentar sobre aspectos sociocientíficos e sociotecnológicos, refletindo criticamente sobre a inserção social das atividades científicas e tecnológicas e suas implicações para a sociedade. Tendo como base a intencionalidade pedagógica (Fernandes, 2025) na mobilização de abordagens, metodologias, perspectivas curriculares e entre outras, Lorenzetti, Siemsen e Oliveira (2017) destacam, por exemplo, que a abordagem CTS/CTSA, a utilização de temas controversos e entre outros, podem se constituir como um facilitador para a emergência dessa dimensão cívica da ACT escolar. Essa dimensão da ACT escolar também é identificada nas falas de Guilherme (T225) e Sônia (T226) uma vez que os estudantes

demonstram a capacidade de refletir criticamente sobre a dualidade da questão energética, ou seja, considerando tanto seus pontos positivos quanto negativos.

Com o avanço das discussões, os estudantes passam a considerar diferentes aspectos relacionados a questões ambientais, socioeconômicas, entre outras. Dessa forma, o professor propõe a discussão de uma questão controversa acerca da necessidade de transição energética (Quadro 18), contribuindo tanto para um olhar voltado a questões mais amplas, que impactam a sociedade, quanto para aspectos que afetam a comunidade local, favorecendo, segundo Fernandes (2025, p. 8), a formação de estudantes enquanto “[...] cidadãos informados, críticos e engajados, capazes de participar de debates sociocientíficos e tomar decisões responsáveis sobre ciência e tecnologia.” Dessa forma, a seguir (Quadro 20) ao longo das discussões, é possível notar a presença das dimensões prática, cívica e da transformação social.

Quadro 20. Discussão de questões controversas: a necessidade de transição energética no cenário brasileiro

Turnos	Falas	ACT escolar
253	Professor: Olha, o Brasil é o maior produtor de energia hidrelétrica, que é gerada a partir da água, um recurso abundante no nosso país, portanto, não há necessidade de diversificar a matriz energética para fontes como a energia solar ou eólica.	
254	Bruno: Eu discordo, porque na afirmação fala que o Brasil não precisa de “é::”, que não há necessidade de ter energia solar e eólica. Na verdade, ele precisa dessas fontes.	Cívica.
257	Professor: Beleza e você? (direciona pergunta para outro estudante)	-
259	Alice: Espera aí, diversificar é o quê?	-
260	Professor: Tipo, ter outras diferentes, ter mais de uma opção, não usar só usinas hidrelétricas, usar outros tipos de fontes.	-
261	Alice: Ah, entendi! Olha, porque podem trazer mais energia, além de serem menos poluentes.	Cívica.
262	Professor: Então, e você, por quê?	-
263	Verônica: A hidrelétrica traz muitos impactos.	Cívica.
264	Bruno: Tipo, usar a energia solar iria ser melhor, porque ela é uma energia renovável.	Prática. Cívica.
265	Amanda: Mas a solar, ela não traz muitos impactos igual a hidrelétrica. A energia solar seria uma boa alternativa para diminuir os impactos no ambiente e nas comunidades.	Cívica. Transformação Social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A partir da questão proposta pelo professor, os estudantes discutem entre si para defender seus argumentos. Inicialmente, Bruno, nos turnos de fala 254 e 264, discorda da afirmação do professor de que não há necessidade de o Brasil diversificar sua matriz energética, afirmando, no turno 254, que “*na verdade, ele precisa dessas fontes*” e, no turno 264, que “*usar a energia solar iria ser melhor, porque ela é uma energia renovável*”. Em suas afirmações, identifica-se a **dimensão cívica** da ACT escolar, relacionada à capacidade do estudante discutir e tomar posição frente a temas de relevância pública vinculados à ciência e à tecnologia (Lorenzetti, 2021, 2023). Além disso, na fala do estudante Bruno (T264), identifica-se também

a **dimensão prática** da ACT escolar, à medida que ele apresenta a necessidade de transição para a fonte de energia solar, justificando sua posição com base no conceito de fonte renovável. Conforme estudos de Fernandes, Santos e Fernandes (2025), essa dimensão prática é mais comumente identificada em momentos em que os estudantes aplicam conhecimentos científicos e tecnológicos para explicar fenômenos, demonstrando a “compreensão de conceitos, leis e teorias dos processos da Ciência e da Tecnologia” (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025, p. 24).

A **dimensão cívica** da ACT escolar também foi identificada nas falas das estudantes Alice (T263), Verônica (T264) e Amanda (T265), à medida que discutem aspectos relacionados à poluição e destacam a energia solar como uma alternativa mais sustentável e de menor impacto em comparação à energia proveniente de fontes hidrelétricas. Por fim, na fala de Amanda (T265), identifica-se a **dimensão de transformação social**. Seu argumento, inicialmente situado na dimensão cívica, ao destacar que a adoção de fontes energéticas como a solar poderia “*diminuir os impactos no ambiente e nas comunidades*”. Dessa forma, com base em Valladares (2021) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025), percebe-se, nesse recorte, que as falas dos estudantes, inicialmente situadas na **dimensão prática**, ao apresentarem entendimento conceitual, evoluem para a **dimensão cívica**, com um posicionamento crítico sobre os aspectos socioambientais, e, posteriormente, alcançam a **dimensão de transformação social**, ao enfatizar a necessidade de uma transição energética que vise à redução dos impactos ambientais e sociais nas comunidades.

Nessa subetapa (Quadros 19 e 20), conclui-se que a problematização inicial, no contexto da abordagem CTS-Freire, favoreceu a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes e possibilitou a inserção crítica e problematizadora de temas científicos em sua realidade sociocultural. A partir da discussão sobre a construção de uma usina hidrelétrica, observou-se a existência da dimensão prática e a mobilização da dimensão cívica da ACT escolar. Esse processo revela o potencial formativo da ciência escolar na construção de uma postura crítica e participativa, indicando a importância da mediação docente para promover a transição em direção à dimensão de transformação social da ACT escolar (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024).

Nessa etapa da SD “problematização e análise do objeto da atividade”, a partir das discussões e da problematização da realidade local e global foi possível identificar diferentes problemas/demandas sociais. Dessa forma, destaca-se o objeto da atividade relacionado a questões socioambientais e socioeconômicas das fontes energéticas tradicionais (realidade global), o gasto elevado proveniente dos chuveiros elétricos nas residências, a poluição hídrica, saneamento básico e a baixa participação comunitária na ação/discussão de suas demandas

(realidade local) direcionam a segunda etapa “construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico” para o estudo e desenvolvimento da TSD do ASBC.

5.2 Segunda etapa: Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico

A segunda etapa, intitulada “Construção e sistematização do conhecimento científico e tecnológico”, constituiu-se no estudo, na observação e no processo da TSD, representada pelo ASBC, a partir da **Mediação Sociotécnica Pedagógica (MSTP)**. Dessa forma, a quarta subetapa, intitulada “Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido”, foi destinada ao estudo e ao desenvolvimento de forma colaborativa da TSD do ASBC. Já a quinta subetapa, “Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local”, envolveu a aplicação de um questionário com perguntas abertas (Quadro 12 do Capítulo 3), abordando aspectos relacionados à montagem e à percepção dos estudantes sobre o impacto da TSD desenvolvida por eles em sua vida cotidiana.

Dessa forma, Mamede e Zimmermann (2022) ressaltam que o ensino de Ciências não deve se restringir à memorização de conceitos, mas sim promover a participação ativa dos estudantes na análise de problemas reais, possibilitando a construção do conhecimento científico. Nesse sentido, por meio do desenvolvimento da TSD, espera-se que os estudantes sejam levados a refletir sobre os impactos dessa tecnologia em suas vidas cotidianas, contribuindo, assim, para o fortalecimento da ACT escolar, principalmente para a mobilização da dimensão de transformação social.

5.2.1 Estudo do conteúdo científico orientado pela demanda social local e do artefato mediador introduzido

Durante essa etapa, os estudantes se organizaram em grupos, aos quais foram atribuídas tarefas específicas relacionadas à montagem da TSD (Figura 11). Durante o processo de estudo, reflexão, análise e desenvolvimento da TSD, o professor propôs algumas intervenções, permitindo a compreensão dos conceitos científicos relacionados ao funcionamento do sistema.

Figura 11. Estudantes realizando a montagem da TSD do ASBC



Fonte: Acervo do autor (2025).

O Quadro 21 apresenta um recorte com uma interação onde o professor instiga os estudantes a refletirem sobre os efeitos térmicos da cor preta na absorção da radiação solar.

Quadro 21. A montagem da TSD na forma do ASBC

Turnos	Falas	ACT escolar
276	Professor: Olha, como a gente vai fazer? A gente vai dobrar (a caixa de leite) desse jeito e vamos colocar aqui dentro (garrafa PET) assim, olha. Vamos colocar de uma forma triangular dentro da garrafa PET. Se aqui está pintado de preto, o que vai acontecer?	
277	Alice: Vai esquentar mais.	Prática.
278	Sônia: Vai absorver mais calor?	Prática.
279	Professor: Se o cano está passando aqui dentro, o que acontece?	
280	Verônica: O cano também está pintado de preto, então vai esquentar a água que passa dentro do cano?	Prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Inicialmente, no turno 276, o professor inicia a discussão questionando os estudantes: “[...] *se aqui está pintado de preto, o que vai acontecer?*”. Dessa forma, o professor propõe uma pergunta, visando que os estudantes debatam questões como transferência de energia por radiação térmica. Observa-se nesse recorte que, ao responderem ao questionamento do professor, as estudantes: Alice (T277): “*Vai esquentar mais*”, Sônia (T278): “*Vai absorver mais calor?*” e Verônica (T280): “[...] *vai esquentar a água que passa dentro do cano?*”, por meio de uma construção coletiva do conhecimento científico, estabelecem uma relação entre a cor preta e o aumento da temperatura.

Devido à natureza da discussão sobre as dimensões sociais, pedagógicas e epistêmicas da TSD a partir do ASBC, observa-se nesta interação argumentativa, majoritariamente, a dimensão **prática da ACT escolar**, pois de acordo com Fernandes, Santos e Fernandes (2025) os estudantes procuram entender o mundo ao seu redor, seja no que diz respeito aos fenômenos naturais seja no funcionamento de tecnologias do dia a dia à medida em que descrevem

fenômenos físicos relacionados à absorção de calor e transferência térmica. Para isso, eles recorrem a conhecimentos científicos e tecnológicos, isto é, utilizam conceitos, teorias e explicações já sistematizados pela Ciência.

Após o desenvolvimento da TSD do ASBC (processo e produto), o professor convida os estudantes a observarem seu funcionamento, com o objetivo de verificar a hipótese previamente discutida de que a cor preta apresenta maior capacidade de absorção da radiação solar (Quadro 22).

Quadro 22. Estudantes observando o funcionamento da TSD do ASBC

Turnos	Falas	ACT escolar
321	Professor: Aqui, pessoal, vocês vão ver que está mais frio (mostra a parte inferior do recipiente). A água fria está na parte mais funda e a água quente na parte mais alta. Quem quiser pode ver. Como que está a água?	
322	Alice: Ela está quente!	Prática.
323	Professor: Vocês podem ver a diferença de temperatura aqui dentro e aqui no cano de saída do recipiente.	
324	Alice: “Caraca!”	-
325	Amanda: Que “doidera”!	-
326	Professor: A água quente que vocês estão vendo voltar para o recipiente, ela se aquece ao passar pelo sistema. Com o tempo, a água aqui dentro do recipiente vai estar quente. Peguem nesse cano aqui, a água está quente ou fria?	
327	Verônica: Está frio.	Prática.
328	Bruno: Aqui a água sai fria, porque ela ainda não passou por essa parte (placa construída com caixas de leite e garrafas PET), só que quando ela sobe ela volta quente.	Prática.
329	Professor: E aqui na placa com as garrafas PET e a caixa de leite?	
330	Amanda: Aqui já está mais quente. É como se fosse a placa solar.	Prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nos turnos de fala de Alice (T322), Verônica (T327), Bruno (T328) e Amanda (T330), evidencia-se que os estudantes mobilizam a **dimensão prática** da ACT escolar ao realizarem a montagem e acompanharem o funcionamento da TSD. Durante essa etapa, os estudantes observam as diferenças de temperatura no sistema, descrevem o funcionamento do protótipo e estabelecem relações entre o aquecimento da água e o percurso realizado pelo sistema, demonstrando compreensão dos processos físicos e de funcionamento envolvidos.

Como apresentado em estudos anteriores (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025), esse momento de construção e observação do funcionamento da TSD é fundamental para que os estudantes sejam capazes de “fornecer explicações mais detalhadas sobre a estrutura e os processos relacionados à montagem da TSD” (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025, p. 22), especialmente em situações em que precisam socializar o conhecimento tecnocientífico construído ao longo do processo, ou seja, das aulas.

Com o avanço das discussões, o professor passa a problematizar como a TSD desenvolvida (Aquecedor Solar de Baixo Custo) poderia ser importante para a vida cotidiana

dos estudantes. A partir desse questionamento, a discussão transiciona da **dimensão prática** da ACT escolar (Quadros 20 e 21) para as **dimensões cívica** e de **transformação social**, conforme evidenciado a seguir (Quadro 22).

Quadro 23. A TSD do ASBC na transformação da realidade dos estudantes

Turnos	Falas	ACT escolar
333	Professor: Pessoal, vocês concordam que esse Aquecedor Solar poderia ser muito importante para o nosso cotidiano?	-
334	Alice: Se funcionasse, eu acho que sim!	-
335	Professor: Sim, no nosso dia a dia os gastos provenientes de energia elétrica representam uma grande proporção dos custos da conta de luz. Eu quero ouvir cada um de vocês, como vocês avaliam os impactos de uma TS como o Aquecedor Solar, tipo o que a gente fez em suas vidas?	-
336	Verônica: Ele iria ajudar a gente a gastar menos energia, pois a água já vai vir aquecida e vamos poder economizar.	Prática. Transformação social.
337	Bruno: Iria trazer menos gastos com energia, menos impactos ambientais também, se a gente usasse a energia solar em vez da hidrelétrica.	Cívica. Transformação social.
338	Sofia: Gastar menos energia com o chuveiro e economizar na conta de luz também, né!	Transformação social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A partir do questionamento do professor “[...] *Como vocês avaliam os impactos de uma TS como o Aquecedor Solar, tipo o que a gente fez, em suas vidas?*”, observa-se a mobilização de diferentes dimensões da ACT escolar. Na fala de Verônica (T336), que afirma: “*Ele iria ajudar a gente a gastar menos energia, pois a água já vai vir aquecida e vamos poder economizar*”, identifica-se inicialmente a **dimensão prática** da ACT, pois a estudante utiliza elementos da linguagem científica para compreender o fenômeno físico envolvido no aquecimento da água e o funcionamento da tecnologia. Ao mesmo tempo, sua fala evolui para a **dimensão de transformação social**, uma vez que reconhece o potencial da TSD do Aquecedor Solar desenvolvido por eles na redução do consumo energético em suas residências. Ao considerar a mobilização da **dimensão de transformação social** da ACT escolar, o mesmo padrão é observado nas falas de Bruno (turno 337), ao destacar aspectos de economia energética, e Sofia (T338), que salienta acerca dos aspectos socioeconômicos, ao considerar a diminuição dos custos com a conta de luz.

Além disso, evidencia-se a **dimensão cívica** da ACT escolar, ao ponto que, o estudante Bruno (T337), destaca a questão do impacto ambiental, ao salientar que a TSD poderia trazer “[...] *menos impactos ambientais também, se a gente usasse a energia solar em vez da hidrelétrica*” evidenciando também a dimensão cívica da ACT escolar ao destacar os aspectos socioambientais relacionados à utilização de tecnologias.

Por meio da análise desta subetapa (Quadros 21, 22 e 23), evidencia-se um avanço progressivo nas dimensões da ACT escolar. Os estudantes demonstram compreensão de aspectos conceituais, da estrutura e do funcionamento da TSD do ASBC, o que se associa à **dimensão prática** da ACT escolar. À medida que passam a considerar os aspectos socioambientais e sociotecnológicos, emerge a **dimensão cívica**. Por sua vez, a dimensão de **transformação social** manifesta-se vinculada a aspectos do cotidiano, quando os estudantes refletem sobre a aplicação dessa TSD na melhoria e na transformação de sua realidade e de sua comunidade. Nesse sentido, conforme defendem Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2024), o desenvolvimento da TSD no contexto da Educação Básica oferece possibilidades para o engajamento dos estudantes em questões de natureza social, política, econômica e ética relacionadas à Ciência e à Tecnologia, possibilitando a promoção de diferentes dimensões da ACT escolar, sobretudo a da Transformação Social.

5.2.2 Estudo da tecnologia correlata como desdobramento do conteúdo científico apresentado e da demanda social local

Os recortes de turnos argumentativos (Quadros 24 e 25) exemplificam as respostas das questões abertas propostas em um questionário (Quadro 12 do capítulo 3), caracterizado como uma avaliação somativa (bimestral), que, segundo Goulart e Garcia (2022, p. 8), possibilita a identificação de “[...] habilidades e competências adquiridas pelo aluno ao final do processo”. No entanto, a natureza das questões propostas no questionário leva os estudantes a elaborarem argumentos escritos a partir dos questionamentos apresentados. Dessa forma, busca-se, nos recortes dos turnos de respostas analisados, observar a mobilização das dimensões da ACT escolar, com destaque para a identificação da dimensão prática (Quadro 23) e transformação social (Quadro 24).

Quadro 24. Avaliação somativa: argumentos sobre a estrutura e funcionamento do ASBC

Turnos	Argumentos/respostas	ACT escolar
347	Pergunta: Se as caixinhas de leite fossem pintadas de outra cor, isso afetaria o funcionamento do aquecedor solar? Explique o motivo da sua resposta.	
348	Verônica: Sim, pois a cor preta absorve mais a luz solar, se elas fossem pintadas de outra cor, não ia funcionar.	Prática.
349	Sônia: Sim, porque a cor preta absorve os raios solares fazendo com que esquente a água.	Prática.
350	Alice: Se pintar de outra cor, não funciona como a cor preta, porque somente a cor preta absorve os raios solares e assim esquenta a água que será potável.	Prática.
351	Bruno: Sim, porque a cor preta absorve a luz solar.	Prática.

352	Guilherme: Sim, porque se fosse pintada de outra cor, não ia ficar quente do mesmo jeito que a preta, porque a cor preta absorve a luz solar e fica mais quente.	Prática.
-----	---	----------

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nesse recorte, observa-se que a pergunta do professor “*Se as caixinhas de leite fossem pintadas de outra cor, isso afetaria o funcionamento do aquecedor solar?*” já tem uma intencionalidade prática da ACT, ou seja, espera-se que as respostas dos estudantes, nos turnos 347 a 352, apresentem uma compreensão articulada entre o fenômeno físico da absorção de calor e o desempenho da TSD do ASBC. Nesse tipo de interação argumentativa, ocorre a mobilização da **dimensão prática** da ACT escolar à medida que, segundo Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6), os estudantes destacam “[...] os processos e o funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos, a partir de elementos da linguagem científica”.

Dessa forma, por exemplo, Verônica (T348), Alice (T350) e Guilherme (T352) recorrem à explicação de que a cor preta absorve melhor os raios solares, sendo, portanto, mais eficiente no aquecimento da água. As falas revelam que os estudantes, ao utilizarem expressões como “*Verônica: [...] se elas fossem pintadas de outra cor não ia funcionar*”, “*Alice: [...] porque somente a cor preta absorve os raios solares*” e “*Guilherme: [...] não ia ficar quente do mesmo jeito que a preta*”, os estudantes, recorrem à conhecimentos construídos ao longo das aulas anteriores, para explicar a capacidade e eficiência da cor preta para absorção da radiação solar.

A seguir, o Quadro 25 exemplifica um recorte de turnos de respostas da atividade aplicada aos estudantes, a partir de uma pergunta direcionada à aplicação e ao impacto da TSD no cotidiano escolar. As respostas dos estudantes mobilizam tanto a **dimensão prática** quanto a **dimensão transformação social** da ACT escolar.

Quadro 25. Avaliação somativa: O impacto da TSD no cotidiano dos estudantes

Turnos	Argumentos/respostas	ACT escolar
361	Pergunta: Sabendo que, em muitas casas, o chuveiro elétrico pode representar cerca de 30% do consumo total de energia, quais impactos isso pode ter na vida das famílias da sua comunidade? De que forma o uso de um ASBC poderia ajudar a transformar essa realidade?	
362	Verônica: Iria ajudar a gastar menos energia na hora do banho, pois a água já vai estar quente e você vai gastar menos energia no seu banho.	Prática. Transformação social.
363	Bruno: Poderia ajudar a não gastar energia esquentando a água.	Prática.
364	Guilherme: O uso do Aquecedor Solar nas nossas casas poderia ajudar a diminuir os custos com a conta de energia.	Transformação social.
365	Alice: O Aquecedor Solar ajuda a diminuir o gasto de energia, diminui na conta de luz com o gasto do chuveiro elétrico e pode ficar um tempo a mais no banho.	Transformação social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No recorte dos turnos 361 a 365, observa-se que a partir do questionamento do professor, “[...] *de que forma o uso de um ASBC poderia ajudar a transformar essa realidade?*”, os estudantes além de compreender o funcionamento do ASBC, também são capazes de projetar seus impactos positivos na economia doméstica e no uso sustentável da energia sendo possível evidenciar a mobilização das **dimensões prática e transformação social** da ACT escolar.

A **dimensão prática** da ACT escolar foi identificada no argumento da estudante Verônica (T362) e no argumento do estudante Bruno (T363), quando ambos demonstram compreensão do funcionamento do ASBC no aquecimento da água, associando-o ao uso cotidiano do chuveiro. Com base no desenvolvimento desta segunda subetapa, pode-se evidenciar uma articulação entre o estudo do conteúdo científico e o aprofundamento da compreensão da tecnologia correlata, representada pela TSD do tipo ASBC. Nas duas etapas analisadas, observou-se a predominância da dimensão prática da ACT escolar, à medida que os estudantes mobilizaram conhecimentos científicos e tecnológicos para compreender conceitos como absorção de calor, eficiência energética e funcionamento da TSD (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024). A presença da dimensão prática da ACT escolar, neste caso, esteve diretamente relacionada à pergunta proposta pelo professor, que questiona os estudantes acerca de aspectos relacionados ao funcionamento da TSD desenvolvida.

Por sua vez, a **dimensão de transformação social** manifesta-se quando os estudantes que mobilizavam a **dimensão prática** da ACT escolar passam a relacionar o uso do ASBC à melhoria concreta das condições socioeconômicas da comunidade. Tal aspecto corrobora o que defende Fernandes (2025, p.14) que os estudantes desenvolvem a capacidade “de aplicar conhecimentos científicos e tecnológicos em contextos sociais, a fim de resolver problemas e participar de forma autônoma na sociedade”. Dessa forma, a **dimensão de transformação social** torna-se mais evidente nas falas de Verônica (T362), Guilherme (T364) e Alice (T365), quando os estudantes associam o uso do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC) não apenas à economia de energia elétrica, mas também à melhoria das condições de vida das famílias e da comunidade. A fala de Verônica (T362): “*iria ajudar a gastar menos energia na hora do banho, pois a água já vai estar quente e você vai gastar menos energia no seu banho*” (T362) representa um ponto de transição entre a dimensão prática e a de transformação social, uma vez que, embora evidencie a funcionalidade do ASBC, já sugere a percepção de benefícios concretos no cotidiano doméstico, vinculados à economia de recursos.

De modo mais consistente, Guilherme (T364) destaca que “*o uso do Aquecedor Solar nas nossas casas poderia ajudar a diminuir os custos com a conta de energia*” (T364), e Alice complementa ao afirmar que “*o Aquecedor Solar ajuda a diminuir o gasto de energia, diminui*

na conta de luz com o gasto do chuveiro elétrico e pode ficar um tempo a mais no banho” (T365). Essas falas revelam que os estudantes reconhecem o potencial do ASBC como uma solução tecnológica capaz de gerar mudanças reais e sustentáveis em seu entorno, impactando diretamente os aspectos econômico (redução de despesas domésticas: *"diminuir os custos com a conta de energia"*), social (melhoria das condições de vida e bem-estar das famílias: *"pode ficar um tempo a mais no banho"*) e ambiental (uso racional e consciente da energia: *"gastar menos energia na hora do banho, pois a água já vai estar quente"*).

Já a dimensão de transformação social emerge quando o professor propõe uma pergunta sobre a elaboração do ASBC e os estudantes associam o uso da TSD à possibilidade de redução de gastos com energia elétrica em seus lares, reconhecendo, assim, o potencial de impacto positivo dessa tecnologia em suas vidas cotidianas e em sua comunidade (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025). Corroborando com Fernandes, Santos e Fernandes (2025), a transformação social é identificada quando os estudantes demonstram habilidade para analisar e intervir criticamente nas questões sociais, políticas, econômicas e éticas vinculadas à ciência e à tecnologia, presentes em seu cotidiano e na sociedade, com o objetivo de transformar a realidade em que estão inseridos.

5.3 Terceira Etapa: Aplicação e socialização do conhecimento científico e tecnológico

A terceira etapa consistiu na sistematização do conhecimento construído pelos alunos nas etapas anteriores, de modo que eles pudessem analisar e interpretar “[...] tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento” (Delizoicov; Angotti, 1990, p. 31). Observa-se, ainda nesse momento, a presença das dimensões prática, cívica e de transformação social da ACT escolar nos argumentos dos estudantes.

5.3.1 Retomada e aprofundamento do objeto inicial da atividade

Na sexta subetapa denominada “retomada e aprofundamento do objeto inicial da atividade” foi realizado um grupo focal com os estudantes, com o intuito de discutir diferentes aspectos relacionados tanto às problemáticas ambientais e sociais quanto à importância da MSTP da TSD (ferramentas simbólicas e materiais), em especial do ASBC em comunidades carentes, analisando sua viabilidade e relevância na comunidade local. Nesse sentido, Ressel *et al.* (2008) destacam que a realização de grupos focais se caracteriza por ser uma técnica de discussão coletiva voltada à exploração de temas específicos, a partir de estímulos que incentivam o debate. Além disso, os autores ressaltam que os grupos focais se distinguem por

suas características particulares, sobretudo pelo processo de interação entre os participantes (Ressel *et al.*, 2008).

O Quadro 26 apresenta um recorte com turnos de fala do grupo focal, realizado após a montagem da TSD.

Quadro 26. Grupo focal: reflexões sobre a TSD em forma do ASBC

Turnos	Falas	ACT escolar
404	Professor: Olha, Breno e Gabriel falaram uma coisa legal, a questão do banho. Como é que vocês acham, por exemplo, que o ASBC que a gente fez poderia ajudar?	-
405	Bruno: Para reduzir o...	-
406	Guilherme: Gasto de água.	Cívica.
407	Amanda: Diminuir gasto de água.	Cívica.
408	Bruno: Reduzir o gasto sobre eletricidade nas nossas residências.	Cívica. Transformação social.
409	Sônia: Diminuir gasto de eletricidade?	Prática.
410	Bruno: A eletricidade que aquece a água.	Prática.
411	Professor: A água do aquecedor solar como que ela vai esquentar?	-
412	Bruno: Através da luz solar!	Prática.
413	Amanda: Através da absorção dos raios solares!	Prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quando o professor questiona os estudantes: “*Como é que vocês acham, por exemplo, que o ASBC que a gente fez poderia ajudar?*”, evidencia-se respostas do tipo: “*Bruno: Reduzir o gasto sobre eletricidade nas nossas residências*” ou de “*Sônia: Diminuir o gasto de eletricidade?*”, que demonstra a relação da TSD do ASBC como uma alternativa frente ao consumo e ao mercado capitalista que muitas vezes acaba por excluir as camadas populares (Gama *et al.* 2022), compreendendo assim o potencial transformador dessa TSD para a sua realidade e de sua comunidade.

Desse modo, os argumentos de Guilherme (T406), Amanda (T407) e Bruno (T408) mobilizam a **dimensão cívica** da ACT escolar, ao destacarem e relacionarem o uso do ASBC com a redução no consumo de energia elétrica e de água nas residências. Embora os estudantes associem de forma incorreta a utilização da TSD à economia de água, o estudante Bruno (T408) responde corretamente ao questionamento do professor. Em seu argumento, além da **dimensão cívica**, também foi identificada a **dimensão de transformação social** da ACT escolar, ao destacar que a redução no consumo de eletricidade, pode ocorrer “*Bruno: [...] nas nossas residências*”, relacionando a utilização da TSD do ASBC como uma alternativa a ser implementada na comunidade local.

A **dimensão prática** foi mobilizada nos argumentos da estudante Sônia (T409), Bruno (T410 e T412) e Amanda (T413). Essa dimensão da ACT escolar está relacionada, conforme

Fernandes, Fernandes e Santos (2024, p. 6), ao momento em que os estudantes buscam compreender o “[...] funcionamento de tecnologias cotidianas, utilizando conhecimentos científicos e tecnológicos” para isso os estudantes mobilizam explicações que recorrem tanto a aspectos abordados nas etapas anteriores e constroem seus argumentos por meio de elementos da linguagem científica.

5.3.2 Discussão, análise e problematização de novas situações a partir do conhecimento construído

Essa subetapa consistiu na preparação e organização da apresentação das TSD produzidas e problematizadas pelos estudantes à comunidade local. Assim, o recorte apresentado (Quadro 27) evidencia um momento em que os estudantes, juntamente com o professor, discutem o conceito de TS.

Quadro 27. O conceito de Tecnologia Social segundo o entendimento dos estudantes

Turnos	Fala	ACT escolar
438	Professor: O que vocês acham que é uma tecnologia social?	-
439	Bruno: É uma tecnologia da sociedade.	Cívica
440	Amanda: É tipo, objetos que as pessoas fazem em suas casas?	Cívica.
441	Professor: E vocês aqui, o que acham?	-
442	Alice: Como assim?	-
443	Professor: Vamos pensar, tecnologia convencional, a gente já sabe, né? O computador, celular...	-
444	Amanda: Ah! Social, tipo que a sociedade faz!	Cívica.
445	Sônia: Que a sociedade constrói!	Cívica.
446	Professor: Mas a tecnologia convencional, a sociedade não constrói?	
447	Sônia: Não seria algo que ajudaria as pessoas, tipo o Aquecedor Solar de Baixo Custo?	Transformação social.
448	Professor: Olha, o aquecedor solar, ele é uma tecnologia social. Quem fez o aquecedor solar?	
449	Verônica: Eu!	-
450	Alice: Eu!	-
451	Professor: Então, a tecnologia social é o quê?	
452	Amanda: Algo feito pelas pessoas!	Cívica.
453	Verônica: Acho que é algo feito pela comunidade, para ajudar a comunidade!	Transformação social.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base nos turnos de fala 438 a 453, observa-se um processo de construção coletiva do conceito de TS, articulado entre estudantes e professor, em uma abordagem que evolui de interpretações iniciais mais descritivas e limitadas para compreensões mais profundas e alinhadas à dimensão cívica e de transformação social da ACT escolar. A partir do questionamento inicial e intencional do professor, no turno 432: “O que vocês acham que é

uma tecnologia social?”, os estudantes passam a tentar responder, com base no conhecimento construído ao longo das etapas anteriores.

Com base na análise desse recorte (Quadro 24), identifica-se a **dimensão cívica da ACT escolar** no turno de fala de Bruno (T439) e Amanda (T440; T444; T452) uma vez que, os estudantes vinculam o conceito de TS a um artefato ou objeto desenvolvido pela sociedade, embora ainda sem situá-lo em um contexto de transformação social. No entanto, a partir da fala da estudante Sônia (T447), ocorre uma transição para a **dimensão de transformação social** da ACT escolar, ao sugerir que a TS poderia ser algo que “[...] *ajudaria as pessoas, tipo o Aquecedor Solar de Baixo Custo*”. Esse movimento evidencia uma mudança na argumentação, à medida que os estudantes passam a considerar não apenas o que é feito socialmente, mas também o propósito e o impacto social dessa produção. Tal mudança também se manifesta nos turnos 452, com a estudante Amanda, e 453, com a estudante Verônica. Ao responderem ao professor, observa-se que, enquanto Amanda argumenta que a TS é “[...] *algo feito pelas pessoas*”, Verônica, no turno seguinte, conclui que a TS é “[...] *algo feito pela comunidade, para ajudar a comunidade*”. Conforme enfatizam Fernandes, Santos e Fernandes (2025), a **dimensão de transformação social** ocorre quando os estudantes refletem, compreendem e agem sobre questões vinculadas à Ciência e à Tecnologia que impactam suas vidas e a sociedade, buscando formas de intervir e promover mudanças na realidade em que estão inseridos.

Com base nas falas dos estudantes e na análise dos turnos de fala (432 a 447), arrisca-se reorganizar, traduzir ou transpor o conceito de TS a partir dos dados:

Tecnologia Social é um tipo de tecnologia criada ou apropriada pela própria comunidade, com o objetivo de atender às suas necessidades concretas e melhorar suas condições de vida. Ela é desenvolvida de forma colaborativa, a partir de conhecimentos científicos e tecnológicos, saberes e recursos locais, e tem como principal finalidade fortalecer a comunidade que a concebe, desenvolve, adapta, aplica e compartilha, mobilizando a participação social como elemento central dos processos de transformação e aprendizagem coletiva.

Essa definição sintetiza os elementos recorrentes nas falas dos estudantes, como “algo feito pelas pessoas”, “pela comunidade”, “para ajudar a comunidade”, assim, a definição elaborada pelos estudantes aproxima-se, em diversos aspectos, das concepções de TS presentes no Quadro 4, especialmente na perspectiva de Dagnino (2014) e da Fundação Banco do Brasil, ainda que com importantes distinções. Os estudantes entendem TS como algo apropriado pela comunidade, ou seja, como fruto da ação coletiva, para atender às suas necessidades, com o objetivo de ajudar a comunidade que a constrói.

5.3.3 Socialização do artefato mediador pedagógico elaborado pelos estudantes à comunidade social

Nesta última subetapa, a análise concentra-se na apresentação da TSD do ASBC (Quadro 28) à comunidade social, composta pela comunidade escolar, local e por especialistas (Figura 12). Diferentemente das etapas anteriores, nesse momento o professor não interveio com questionamentos ou problematizações, assumindo o papel de membro da comunidade de especialistas, que acompanha a socialização do conhecimento tecnocientífico e a apresentação e explicação da TSD construída pelos estudantes.

Figura 12. Apresentação da TSD do ASBC



Fonte: Acervo do autor (2025).

Quadro 28. A apresentação e problematização do ASBC à comunidade local

Turnos	Falas	ACT escolar
455	Alice: O Aquecedor Solar de Baixo Custo traz muitos benefícios, ele pode diminuir muito o uso das fontes de energias elétricas convencionais.	Cívica.
456	Bruno: Na nossa casa, ele pode trazer muita economia, tipo, diminuir o gasto com energia.	Transformação social.
457	Verônica: A gente utilizou produtos recicláveis, como o cano de PVC, garrafas PET e as caixas de leite.	Prática.
458	Bruno: Primeiramente, nós pegamos o barril, mas pode ser a caixa d'água normal, se for colocado em casa. Colocamos uma torneira e um cano que juntamos com essa parte aqui (aponta no cartaz a placa solar construída com a garrafa PET e as caixas de leite). Pegamos garrafas PET e cortamos na parte de baixo, aí pegamos caixinhas de leite pintadas com tinta preta.	Prática.
459	Verônica (direcionando à comunidade participante): A dúvida que não quer calar. Por que vocês acham que nós pintamos de preto?	Prática.
460	Participante: Para puxar o sol?	
461	Verônica: Isso, a cor preta absorve mais a luz solar, então a gente pintou de preto, para aquecer mais a água.	Prática.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nos turnos de fala analisados nesse recorte (Quadro 28), observa-se o momento de apresentação, descrição e problematização da TSD, representada pela construção e divulgação do ASBC pelos estudantes à comunidade social. Esse recorte evidencia a mobilização de

diferentes dimensões da ACT escolar, com destaque para as dimensões prática, cívica e de transformação social.

As falas de Alice (T455), ao argumentar que “*o Aquecedor Solar de Baixo Custo traz muitos benefícios, ele pode diminuir muito o uso das fontes de energias elétricas convencionais*”, e Bruno (T456), quando diz “*na nossa casa, pode trazer muita economia, tipo diminuir o gasto com energia*”, ressaltam à comunidade local os impactos positivos da TSD, especialmente no que se refere à redução do consumo de energia elétrica. Dessa forma, na fala de Alice (turno 455), observa-se a **dimensão cívica** da ACT escolar, que evolui para a **dimensão de transformação social** na fala de Bruno (turno 456). A dimensão cívica é identificada quando os estudantes relacionam o ASBC à diminuição do uso de fontes energéticas tradicionais e evolui para a transformação social quando passam a considerar o impacto positivo e transformador da TSD na vida das pessoas da comunidade local.

Por fim, observa-se que a **dimensão prática** da ACT escolar foi identificada nos turnos em que os estudantes descrevem os materiais recicláveis utilizados na construção da TSD, em forma de um ASBC, além de explicarem o seu processo de montagem e funcionamento. Essa dimensão também se evidencia quando Verônica (T459 e T461) problematiza e explica o motivo da estrutura ter sido pintada de preto, conceituando a eficiência da absorção de calor por essa cor. Já a **dimensão cívica** da ACT escolar se manifesta quando os estudantes refletem sobre os benefícios da TSD na redução do uso das fontes energéticas convencionais. Conforme afirmam Fernandes, Santos e Fernandes (2025), os estudantes lidam com decisões que envolvem a aplicação contextualizada do conhecimento científico frente à economia, ao consumo e à sustentabilidade. Assim, a dimensão de **transformação social** ocorre quando os estudantes afirmam que a TSD poderia, nas casas das pessoas da comunidade local, diminuir o consumo de energia elétrica.

Conclui-se que a terceira etapa da SD, desenvolvida a partir da abordagem CTS-Freire, consolidou a articulação entre os saberes científicos e as experiências vivenciadas pelos estudantes, ao promover a aplicação prática do conhecimento tecnocientífico por meio da construção e apresentação de uma TSD, representada pelo ASBC, à comunidade social. A participação ativa dos estudantes, evidenciou a apropriação crítica do conhecimento científico e tecnológico (Fernandes; Rodrigues; Ferreira, 2021). Ao apresentar como foi realizada a construção, o funcionamento e benefícios do ASBC com a comunidade local, os estudantes demonstraram capacidade de mobilizar a Ciência para intervir em problemas sociais concretos, o que caracteriza a importância de mobilizar a dimensão de transformação social da ACT

escolar, embora não seja algo fácil, uma vez que também dependa da intencionalidade do professor (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025).

Essa etapa reafirma a concepção de ACT como prática social (Fernandes, 2025) e de Tecnologia como ação coletiva orientada para a emancipação e o bem comum (Dagnino, 2010; 2014), revelando o potencial formativo de abordagens pedagógicas que integram conhecimentos escolares, saberes locais e participação comunitária.

5.4 Algumas considerações sobre o que foi analisado

Considerando os pressupostos sobre o elemento “resultados” do modelo da Teoria da Atividade de Engeström (1987, 2002, 2016) e Engeström e Sannino (2010), os resultados observados neste capítulo não se restringem à aprendizagem conceitual sobre o funcionamento do ASBC, mas revelam transformações qualitativas nas formas como os estudantes se relacionam com o conhecimento tecnocientífico e com sua realidade social, ou seja, como se caracteriza o seu processo de ACT a partir do contexto escolar. Segundo Engeström (2002) e Medeiros (2021), os “resultados” de uma atividade são compreendidos não apenas como produtos finais, mas como transformações qualitativas e socialmente relevantes, decorrentes das interações complexas entre sujeitos, objetos, instrumentos, regras, divisão de trabalho e comunidade.

A análise das dimensões da ACT escolar, articulada ao processo de desenvolvimento da TSD, revela o potencial transformador de abordagens críticas no ensino de Ciências, sobretudo por meio da problematização de situações reais, a partir, por exemplo, da abordagem CTS-Freire, da intencionalidade pedagógica do professor e da MSTP do ASBC. A seguir, serão apresentados os principais tópicos resultantes dessa análise, propondo possíveis hipóteses que buscam dar luz sobre o que foi analisado.

5.4.1 Dimensões da ACT Mobilizadas

No desenvolvimento das atividades, observa-se que a **dimensão prática** da ACT é recorrente nos momentos em que os estudantes buscam compreender fenômenos naturais, conceitos e o funcionamento de tecnologias presentes em seu cotidiano (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025), bem como na identificação e análise das fontes de energia.

A **dimensão cívica** emerge nas discussões de caráter socioambiental e nos debates sobre as implicações sociais e éticas das tecnologias, tal como a análise dos impactos da usina de Belo Monte ou a discussão sobre o despejo de esgoto no rio da comunidade, à medida que os estudantes refletem, criticam e defendem pontos de vista acerca das consequências das decisões

científicas e tecnológicas (Fernandes; Fernandes; Santos, 2024; Mamede; Zimmermann, 2022). Percebe-se, como enfatizam Lorenzetti, Siensen e Oliveira (2017), que a utilização da abordagem CTS-Freire contribuiu para a emergência dessa dimensão da ACT escolar.

A **dimensão de transformação social** é mais fortemente mobilizada quando estudantes identificam, propõem e discutem intervenções concretas para modificar sua realidade. (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025). Isso ocorre, por exemplo, ao projetar formas de divulgação do ASBC à comunidade ou propor seu uso para enfrentar problemas e/ou demandas sociais locais relacionados à temática.

A **dimensão cultural**, embora menos evidenciada empiricamente nesse estudo, é vislumbrada quando os estudantes relacionam jogos, eventos escolares voltados para a comunidade local ou experiências pessoais com a temática (ex.: símbolo de energia nuclear no “Free Fire”, o não envolvimento em eventos escolares, como a Feira de Ciências). Isso sinaliza articulação com elementos da cultura juvenil e escolar e entre a cultura escolar e a desvalorização da ciência.

Aqui, tem-se a primeira hipótese: *A mobilização das diferentes dimensões da ACT se dá em fluxo, partindo do domínio prático para atingir, em situações de maior discussão coletiva e engajamento social, as dimensões cívica e de transformação social. A predominância da dimensão prática da ACT escolar caracteriza o início do processo, enquanto a dimensão cívica e de transformação social se intensificam nas construções argumentativas mais críticas, especialmente em torno dos problemas reais contextualizados no cotidiano e nas vivências dos estudantes.*

5.4.2 Situações de Mobilização da dimensão de Transformação Social da ACT escolar

Os dados indicaram que a dimensão de transformação social é mais mobilizada nas situações em que a intervenção dos estudantes supera a compreensão teórico-conceitual e se volta para o planejamento e execução de ações que podem modificar a realidade local, seja através da divulgação da TSD ou do engajamento em projetos de interesse da comunidade (Fernandes; Santos; Fernandes, 2025; Guedes *et al.*, 2022). Nessa pesquisa, a dimensão transformação social é mobilizada quando os estudantes, por exemplo, vivenciam diretamente os problemas abordados, como saneamento básico e problema de energia elétrica; sentem-se afetados e indignados com a injustiça ou descaso social; e percebem que o conhecimento científico e tecnológico pode ser ferramenta de denúncia e ação.

Uma hipótese sobre como mobilizar a transformação social é que: *Essa dimensão depende da intencionalidade e de práticas do professor que integrem problematização do*

cotidiano, participação e tomada de decisões coletivas, tendo como foco o envolvimento direto dos estudantes para agir sobre e em seu contexto.

5.4.3 Relação entre a TSD do ASBC e as dimensões da ACT escolar

A MSTP do ASBC como TSD favoreceu a articulação entre a compreensão técnica (dimensão prática), a análise dos impactos sociais da tecnologia (dimensão cívica) e a proposição de soluções para problemas reais (dimensão transformação social).

Nesse sentido, uma possível hipótese é que: *O engajamento dos estudantes com TSDs amplia o alcance da ACT, promovendo uma aprendizagem mais participativa e cidadã, capaz de integrar teoria e prática e fomentar ações de transformação social. Nessa perspectiva, a utilização de TSDs (processo e/ou produto) deve estar vinculada ao cotidiano e às demandas sociais da comunidade local, de modo que sua abordagem integrada aos conceitos e conteúdos escolares adquira significado para os estudantes e promova uma prática pedagógica crítica, socialmente engajada e consequentemente transformadora.*

5.4.4 Definição de Tecnologia Social e TSD

A partir da análise das falas dos estudantes participantes da pesquisa, emergiu uma tentativa de definição, um entendimento para a **Tecnologia Social** que merece atenção especial, tanto pelo seu conteúdo quanto pela forma como foi construída. Esse entendimento resultou de uma intencionalidade docente cuidadosamente planejada, que criou condições para que os próprios estudantes formassem coletivamente um conceito situado e significativo. Eles compreenderam a Tecnologia Social como “*Tecnologia Social é um tipo de tecnologia criada ou apropriada pela própria comunidade, com o objetivo de atender às suas necessidades concretas e melhorar suas condições de vida. Ela é desenvolvida de forma colaborativa, a partir de conhecimentos científicos e tecnológicos e saberes e recursos locais, e tem como principal finalidade fortalecer a comunidade que a concebe, desenvolve, adapta, aplica e compartilha, mobilizando a participação social como elemento central dos processos de transformação e aprendizagem coletiva.*

Essa construção revela não apenas uma apropriação crítica do conceito, mas também um movimento de resignificação do papel da Ciência e da Tecnologia na vida cotidiana, reafirmando o potencial da escola como espaço de formação para a ação coletiva e emancipatória.

Ainda em fase de construção, inicialmente, conforme emergiu dos dados da pesquisa, a TSD pode ser compreendida a partir das proposições de Engeström (1987, 2002, 2016) acerca da Teoria da Atividade, da proposição inicial de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025), além do arcabouço teórico apresentando no Capítulo 2 dessa dissertação, como as dimensões da TSD (social, pedagógica e epistêmica) e os Indicadores da TSD. Assim, conceituam-se as **Tecnologias Sociais Didáticas** como: *Mediações sociotécnicas pedagógicas concebidas, desenvolvidas e aplicadas em contextos escolares, a partir de demandas sociais, com fins educativos voltados à Alfabetização Científica e Tecnológica escolar. Envolvem o diálogo entre a comunidade social (escolar, social e de especialistas), na mobilização de um problema social relacionado a questões científicas, tecnológicas, sociais, políticas, econômicas e ambientais, promovendo transformação social e buscando mobilizar a comunidade local para a confecção de uma TS.*

Dessa forma, a socialização da TSD e do conhecimento tecnocientífico construído pelos estudantes possibilita a mobilização comunitária ao se apropriar desse saber e traduzi-lo em ações concretas em seu contexto, materializadas na forma de TS.

Ao mobilizar conceitos de condução térmica, isolamento, transformação de energia e sustentabilidade, os estudantes demonstraram que a TSD articula o conhecimento científico e tecnológico, às realidades sociais concretas, promovendo a reflexão crítica, o engajamento cidadão e a formação para a transformação social. A incorporação da TSD na prática pedagógica supera a abordagem conceitual tradicional, propiciando a integração entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, de modo a promover a reflexão, o engajamento e a capacidade de intervenção dos estudantes em sua própria realidade. Trata-se, portanto, de uma concepção que merece atenção, por evidenciar o potencial da escola como espaço de apropriação do saber científico a serviço da justiça social.

5.5 Referências Bibliográficas

- AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa. **São Paulo: Moraes**, 1982.
- AZEVEDO, M. A. R.; ANDRADE, M. F. R. O conhecimento em sala de aula: a organização do ensino numa perspectiva interdisciplinar. **Educar em Revista**, n. 30, p. 235–250, 2007.
- BONFIM, H. C. C. **A Alfabetização Científica e Tecnológica no Ciclo II do Ensino Fundamental: um Estudo nas Escolas Municipais de Curitiba**. 2015. 525 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade**. 2ed. Campinas: Komedi, 2010. 184 p.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. 2. ed. Campina Grande: Editara Insular, 2014. 317 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/7hbd>. Acesso em: 29 mar. 2025.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990

DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de Biologia e Contextualização do Conteúdo: Quais Temas o Aluno de Ensino Médio Relaciona com o seu Cotidiano?. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 1, p. 259-272, 2018.

ENGESTRÖM, Y. **Aprendizagem expansiva**. Tradução Fernanda Liberali. 2. ed. Campinas, SP: Pontes, 2016.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: An activity-theoretical approach to development research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Non Scolae sed vitar discimus. Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (org.). **Uma introdução a Vygotsky**. Tradução Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002.

ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, Helsinki, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

FARIAS, R. A M.; FIRME, R. N. Possibilidades e limitações da abordagem de questão sociocientífica na alfabetização científica e tecnológica de estudantes. **Dialogia**, v.39, n. e19718, p.1-16, 28 set. 2021.

FERNANDES, E. Conhecimento prévio: entenda por que aquilo cada um já sabe é a ponte para saber mais. **Nova Escola**, [s. l], v. 1, n. 240, p. 1-5, 1 mar. 2011. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1510/conhecimento-previo>. Acesso em: 01 jul. 2025.

FERNANDES, G. W. R. Há uma Crise na Alfabetização Científica e Tecnológica? Uma Reflexão Crítica Sobre Stem e Transformação Social. **Vestigare: Revista de Pesquisa em Educação Ciências e Tecnologias**, Palotina, n. 1, p. 4-28, 2025.

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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)**, v. 26, n. e53183, p. 1-21, 2024.

FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. 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**, v. 25, n. e53657, p. 1-29, 2025.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. Elaboração e validação de um instrumento de análise sobre o papel do cientista e a natureza da ciência e da tecnologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 256-290, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n2p256>.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. R. **Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021.

GOULART, C. L. M.; GARCIA, I. K. Proposta de UEPS com abordagem CTS para Educação no Campo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, 1., 2022, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Editora Pucrs, 2022. p. 1-10.

GOMES, J. A. T. **Abordagem Temática Freireana: Discussões curriculares a partir da problematização em sala de aula via tema gerador em uma escola de um distrito de Diamantina - MG**. 2024. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas (Licenciatura), Departamento Ciências Biológicas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2024.

GUEDES, B. G. A.; NASCIMENTO, G. A. S.; SANTOS, J. L. C.; BARROSO, J. D.; SILVA, I. R. M. Situação de Estudo baseada no ASBC. In: ALLAIN, L. R.; FERNANDES, G. W. R. **Tecnologias Sociais da Permacultura & Educação Científica**: propostas inovadoras para um currículo interdisciplinar. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Cap. 6. p. 125-140.

LORENZETTI, Leonir. Promovendo a alfabetização científica e tecnológica no contexto escolar. **Educação por escrito**, v. 14, n. 1, p. e45045-e45045, 2023.

LORENZETTI, L.; SIEMSEN, G. H. OLIVEIRA, S. Parâmetros de Alfabetização Científica e Alfabetização Tecnológica na Educação em Química: analisando a temática ácidos e bases. **ACTIO: Docência em ciências**, v. 2, n. 1, p. 4-22, 2017.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento Científico e CTS na Formação de Professores para o Ensino De Ciências. **Hal Open Science**, [s. l], p. 1-5, 2022.

MELLO, L. S. G.; GUAZZELLI, I. R. B. A alfabetização científica e tecnológica e a educação para a saúde em ambiente não escolar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 1, 2011.

MELLO, L. S. G.; GUAZZELLI, I. R. B. Um programa de alfabetização científica e tecnológica com enfoque CTS, em uma comunidade de artesãs, em alagoas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 3, p. 168-179, 2012.

RIBEIRO, T. V.; GENOVESE, L. G. R.; COLHERINHAS, G. O. Ensino por Pesquisa no Ensino Médio: discussão de questões CTSA em uma alfabetização científico-tecnológica. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 1-14, 2011.

RESSEL, L. B.; BECK, C. L. C.; GUALDA, D. M. R.; HOFFMANN, I. C.; SILVA, R. M.; SEHNEM, C. D. O uso do grupo focal em pesquisa qualitativa. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 779-786, dez. 2008.

SILVA, K. L.; SENA, R. R.; AKERMAN, M.; BELGA, S. M. M.; RODRIGUES, A. T. Intersetorialidade, determinantes socioambientais e promoção da saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 4361-4370, nov. 2014.

TEIXEIRA, F. M.; SOBRAL, A. C. M. B. Como novos conhecimentos podem ser construídos a partir dos conhecimentos prévios: um estudo de caso. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, p. 667-677, 2010.

XAVIER, P. M. A.; FLÔR, C. C. C. Saberes populares e educação científica: um olhar a partir da literatura na área de ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 2, p. 308-328, 2015.

CAPÍTULO 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

A partir de diferentes proposições teóricas, esta dissertação teve como objetivo analisar, à luz do escopo da Teoria da Atividade, de que maneira o desenvolvimento de uma TSD do ASBC, compreendida como processo de MSTP, apoiada em ferramentas simbólicas e materiais, pode contribuir para a promoção da ACT escolar, especialmente em sua dimensão de transformação social. Contudo, para a compreensão dessa perspectiva, torna-se necessário retomar os principais aspectos discutidos nos capítulos anteriores desta dissertação.

Inicialmente, esta pesquisa propôs um olhar para a caracterização da AC, da AT e, de forma integrada, da ACT. Na literatura acadêmica, a ACT se desenvolve em alguns momentos em reflexões globais, o que se denominou **ACT global**, ou seja, alguns estudos não dão ênfase à conhecimentos científicos e tecnológicos, mas visam, sobretudo, uma formação cidadã consciente e crítica, que permita aos indivíduos compreenderem o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea. No âmbito da Educação Básica, denominada **ACT escolar**, se destaca pela presença e, sobretudo, pela necessidade de metodologias, abordagens e estratégias pedagógicas que estimulem o pensamento crítico e a contextualização dos conhecimentos científicos e tecnológicos capazes de fomentar a ACT dos estudantes.

Ao aprofundar as discussões apresentadas nesta dissertação, e com base em referenciais teórico-metodológicos como os de Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e Fernandes, Santos e Fernandes (2025), que discutem a promoção da ACT no ambiente escolar, foi possível delinear o primeiro instrumento analítico voltado à **ACT escolar**. Desse modo, a análise do desenvolvimento da ACT em sala de aula permite observar, de maneira integrada, a manifestação das dimensões prática, cultural, cívica e de transformação social. Esta última, em especial, fundamenta-se em estudos como os de Fourez (1997), Santos (2008), Sjöström e Eilks (2018), Valladares (2021), Silva e Sasseron (2021) e Sjöström (2024), que convergem para a denominada Visão III da AC, orientada à transformação social. Com base nesses referenciais, delinearam-se as diferentes proposições deste estudo, sustentando a compreensão de que o processo para o desenvolvimento de TSDs, constitui um caminho promissor para a promoção de uma ACT orientada à transformação social no ambiente escolar.

Dessa forma, o segundo capítulo também se dedicou a aprofundar as proposições teóricas e metodológicas apresentadas por Fernandes, Fernandes e Santos (2024) e por Fernandes, Santos e Fernandes (2025), ao delinear **a proposta das TS para o contexto escolar**, nessa dissertação denominadas **Tecnologia Social Didática (TSD)**. Ao longo desta dissertação, buscou-se, a partir das concepções de TS de Dagnino (2014) e de TSC de Dagnino (2020), bem

como de estudos que discutem a inserção das TS em contextos educativos, como os de Archanjo Júnior (2024), Roso (2017), Norões (2024), Fernandes *et al.* (2024) e Gama e Allain (2025), aprofundar a fundamentação e o escopo conceitual da TSD e, a partir de diferentes referenciais que oferecem subsídios teóricos e metodológicos relevantes para a consolidação da TSD no contexto da educação básica. Nesse sentido, a dissertação propôs refletir e dar respostas para questões do tipo: Quais são as aproximações e os distanciamentos entre a concepção de Tecnologia Social (TS), especialmente conforme proposta por Dagnino (2010; 2014; 2020), e a de Tecnologia Social Didática (TSD)? O que diferencia uma TSD de um projeto, artefato ou produto desenvolvido no contexto escolar? Quais elementos determinam se um processo ou seu artefato pode (ou não) ser caracterizado como uma TSD? Essas reflexões foram orientadoras para propor o conceito de **mediação sociotécnica pedagógica (MSTP)**, as **três dimensões da TSD** (social, pedagógica e epistêmica) e os **Indicadores de TSD**.

Desse modo, as dimensões e os indicadores de TSD apresentados nesta dissertação, buscam oferecer subsídios para futuros estudos que proponham intervenções dessa natureza no contexto escolar. Ainda em um estágio inicial, a proposição dessas dimensões e indicadores requer validação empírica em diferentes realidades, contextos escolares e níveis de ensino. Essa ampliação e validação em novos contextos tornam-se necessárias para compreender como as dimensões social, pedagógica e epistêmica da TSD se articulam na prática docente e em ambientes escolares com distintas demandas sociotécnicas. Além disso, é fundamental que estudos futuros, no âmbito escolar, se pautem em diferentes abordagens, metodologias e perspectivas curriculares, para além da apresentada nesta dissertação, a fim de avaliar a eficácia das dimensões social, pedagógica e epistêmica, identificar possibilidades e limites e consolidar a proposta de MSTP da TSD.

Para compreender de que modo a proposição teórica da TSD poderia ser relacionada ao contexto escolar real, esta dissertação estabeleceu aproximações entre esse tipo de tecnologia e a **Teoria da Atividade** de Engeström (1987, 2002, 2016). Dessa forma, tornou-se possível delinear a TSD, no ambiente escolar, como uma MSTP, especialmente a partir da identificação do objeto da atividade, entendido aqui como um problema/demanda social presente na comunidade local. A partir dessa demanda concreta, como evidenciado na proposta do Produto Educacional, pôde-se, no âmbito educacional, desenvolver uma TSD, levando em consideração seus processos, reflexões e técnicas, articulada com uma abordagem CTS-Freire (ferramenta simbólica) para ser concretizada em um produto/artefato, com perspectiva social (ferramenta material).

Essa articulação visou, por meio das regras institucionais e da divisão do trabalho, mobilizar a participação da comunidade social, compreendendo sujeitos da comunidade escolar, local e de especialistas, para, a partir do objeto constituído em dimensões sociais, ambientais, políticas, econômicas e éticas, buscar caminhos para sua transformação em resultados. Esses resultados se traduzem na formação de sujeitos críticos, conscientes dos múltiplos aspectos que os afetam, e comprometidos, a partir de uma intencionalidade pedagógica, com a promoção da ACT como transformação social.

Dessa forma, nessa dissertação, evidencia-se que propostas como a TSD, quando articuladas à Teoria da Atividade, podem favorecer o desenvolvimento das diferentes dimensões da ACT escolar. Durante a **aplicação do Produto Educacional**, caracterizado por três etapas de uma SD que exemplificou a MSTP de uma TSD do tipo ASBC, estruturada a partir da abordagem CTS-Freire, observou-se que os estudantes mobilizaram, com maior frequência, a dimensão prática da ACT escolar, especialmente na primeira etapa, ao retomarem conhecimentos prévios, e também na segunda e terceira etapa, quando apresentaram conceitos científicos e explicaram o funcionamento e a estrutura da TSD.

A mobilização das outras dimensões, está relacionada à intencionalidade docente, pois, com base nos recortes apresentados (Capítulo 5), o professor, ao problematizar aspectos da realidade local e global e ao encorajar discussões, debates e dinâmicas em sala de aula, favoreceu a abordagem de aspectos socioambientais e de questões que impactam e influenciam tanto a comunidade local quanto em um contexto global a sociedade contemporânea, como, por exemplo, as implicações culturais, econômicas, éticas, políticas, entre outras, relacionadas à temática. Essas ações contribuíram para a emergência da dimensão cívica e, em menor intensidade, da dimensão cultural da ACT escolar. A dimensão de transformação social, por vezes, emergiu associada a essas dimensões e também à dimensão prática da ACT escolar, à medida que os estudantes passaram a relacionar o uso da TSD do ASBC com melhorias em sua comunidade, propondo e discutindo intervenções concretas para os problemas identificados e sugerindo ações voltadas à transformação de sua realidade.

Embora esta pesquisa tenha alcançado seus objetivos ao demonstrar o potencial das TSDs para a promoção da ACT escolar, com foco na transformação social, reconhece-se que seu escopo teórico é propositivo e empírico é delimitado a um contexto particular. O estudo foi desenvolvido em um contexto específico, envolvendo estudantes de uma comunidade que vivencia demandas socioambientais particulares, de modo que a aplicação das TSDs foi adaptada a essa realidade, e os dados obtidos refletiram as necessidades concretas da comunidade escolar e local. Assim, emergem como limitações a necessidade de que novos

estudos aprofundem e ampliem os aspectos aqui apresentados em outros contextos escolares e comunitários, avaliando as potencialidades e os limites das TSDs em diferentes níveis de ensino, bem como sua articulação com o currículo (BNCC) e com as diretrizes nacionais, estaduais e institucionais, sendo possível compreender de maneira mais abrangente o papel e as potencialidades das TSDs no contexto escolar, nos processos de ensino e aprendizagem e no desenvolvimento das diferentes dimensões da ACT escolar.

Além disso, cabe destacar que, com base no desenvolvimento desta dissertação, ao mesmo tempo em que a abordagem CTS-Freire se mostrou um importante meio para potencializar o desenvolvimento das dimensões da ACT escolar, com ênfase especial na dimensão de transformação social, evidencia-se a necessidade de que estudos futuros proponham articulações com outras abordagens, metodologias e perspectivas curriculares, dialogando com referenciais como a Pedagogia Histórico-Crítica, o Ensino de Ciências por Investigação, as Questões Sociocientíficas, as Situações de Estudo, entre outras.

Outro aspecto relevante que emerge desta dissertação refere-se ao papel do professor. A promoção da ACT escolar depende da intencionalidade docente (Fernandes, 2025), emergindo assim, a necessidade de estudos futuros apresentarem um olhar para o papel do professor, ao fomentar um ensino e aprendizagem que articulem os conhecimentos científicos e tecnológicos aos contextos de vida dos estudantes, estimulando neles a capacidade de relacionar esses saberes ao mundo natural, à sociedade e aos desafios de ordem social, política e ambiental presentes em seu cotidiano.

Por fim, os estudos apresentados no primeiro, segundo e terceiro capítulos, referentes à caracterização da ACT, à formulação da TSD associada à Teoria da Atividade e à proposição do Produto Educacional, constituíram-se, nesta dissertação, como subsídios para compreender que a ACT no ensino de Ciências reforça a necessidade de uma prática educativa que vá além da mera compreensão de conceitos científicos e tecnológicos. Ao incorporar as TSD nesse contexto, como um processo de MSTP, se consolida como um meio de promover uma ACT orientada à transformação social, capacitando os indivíduos a tomarem decisões fundamentadas e a atuar criticamente em questões que envolvem a ciência e a tecnologia na sociedade contemporânea.

6.1 Referências Bibliográficas

ARCHANJO JUNIOR, M. G. **Tecnociência Crítico-Transformadora: Possibilidades para Ressignificar Processos Formativos, Educativos e Produtivos para a Educação em Ciências**. 2024. 257 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Educação

Científica e Formação de Professores, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2024.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: ferramenta para construir outra sociedade**. 2ed. Campinas: Komedi, 2010. 184 p.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. 2. ed. Campina Grande: Editara Insular, 2014. 317 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/7hbdT>. Acesso em: 29 mar. 2025.

DAGNINO, R. **Tecnociência Solidária: um manual estratégico**. 2. ed. Marília: Editora Lutas Anticapital, 2020. 183 p.

ENGESTRÖM, Y. **Aprendizagem expansiva**. Tradução: Fernanda Liberali. 2. ed. Campinas, SP: Pontes, 2016.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by Expanding: An activity-theoretical approach to development research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Non Scolae sed vitar discimus. Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (org.). **Uma introdução a Vygotsky**. Tradução Marcos Bagno. São Paulo: Loyola, 2002.

FERNANDES, G. W. R. Há uma Crise na Alfabetização Científica e Tecnológica? Uma Reflexão Crítica Sobre STEM e Transformação Social. **Vestigare: Revista de Pesquisa em Educação Ciências e Tecnologias**, Palotina, n. 1, p. 4-28, 2025.

FERNANDES, G. W. R.; BARBOSA, G. M.; ALLAIN, L. R.; SANTOS, D. L. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Integrada 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, [S. l.]**, v. 29, n. 2, p. 231–259, 2024. DOI: 10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p231.

FERNANDES, G. W. R.; FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L. 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)**, v. 26, e53183, p. 1-21, 2024.

FERNANDES, I. H.; SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. 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**, v. 25, n. e53657, p. 1-29, 2025.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

GAMA, B. S.; ALLAIN, L. R. A Permacultura e sua Dimensão Axiológica na Afet (ação) de Estudantes do Ensino Fundamental. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 10, n. 2, p. 1-25, 2025.

NORÕES, A. M. **Tecnologias Sociais da Permacultura e Educação Científica: Desafios e Possibilidades da Bacia de Evapotranspiração para Promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica**. 2024. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2024.

SANTOS, W. L. P. D. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v. 93, n. 2, p. 361–382, 2009.

SJÖSTRÖM, J. Vision III of scientific literacy and science education: an alternative vision for science education emphasizing the ethico-socio-political and relational-existential. **Studies in Science Education**, [s.l.], p.1-36, 2024.

SJÖSTRÖM, J.; EILKS, I. Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. In: DORI, Y. J.; MEVARECH, Z. R.; BAKER, D. R. (org.). **Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education Learning, Teaching and Assessment**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 65-88.

SILVA, M. B. E.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e Domínios do Conhecimento Científico: Proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a Transformação Social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, e34674, p. 1–20, 2021.

VALLADARES, L. Scientific Literacy and Social Transformation: Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. **Science & Education**, v. 30, n. 3, p. 557–587, 2021.