



Educação ambiental crítica e tecnologia social: perspectivas extensionistas para as formações em engenharia¹

Wagner Ragi Curi Filho²

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-8420-5710>

William Azalim do Valle³

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Brasil

<https://orcid.org/0000-0001-7676-7089>

Cinthia Versiani Scott Varella⁴

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) - Brasil

<https://orcid.org/0000-0003-1704-1178>

Resumo: A formação em engenharia, tradicionalmente pautada por uma lógica tecnicista e instrumental, vem sendo desafiada por abordagens que integram dimensões sociais, políticas e ambientais. Este artigo analisa como a articulação entre Educação Ambiental Crítica (EAC) e Tecnologia Social (TS) pode contribuir para a formação de engenheiros comprometidos com a transformação socioambiental. A partir de uma abordagem qualitativa e interpretativa, foram examinadas duas experiências extensionistas. A análise considerou aspectos como participação, co-produção de conhecimento, território e formação política. Os resultados mostram que essas experiências estimulam aprendizagens que desafiam o modelo tecnocrático, promovendo reflexão crítica. Conclui-se que a integração entre TS e EAC favorece a construção de novas formas de consciência na engenharia, preenchendo lacunas teóricas e apontando caminhos práticos para a reformulação curricular e o fortalecimento da extensão universitária crítica.

Palavras-chave: Educação Ambiental Crítica. Tecnologia Social. Experiências de Extensão. Formação em Engenharia.

Educación ambiental crítica y tecnología social: perspectivas de extensión para la formación en ingeniería

¹ Recebido em: 22/07/2025. Aprovado em: 05/09/2025.

² Graduado em Engenharia de Produção pela UFMG. Mestre em Engenharia de Produção pela UFMG. Doutor em Administração de Empresas pela EAESP- FGV. Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). E-mail: wagner@ufop.edu.br.

³ Graduado em Engenharia de Produção pela UFMG. Mestre em Engenharia de Produção pela UFMG. Doutor em Engenharia de Produção pela UFMG. Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: azalimwv@ufmg.br.

⁴ Graduada em Engenharia de Produção pela UFMG. Mestre e doutora em Engenharia de Produção pela UFMG. Professora do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). E-mail: cinthiaversiani@ufop.edu.br

Resumen: La formación en ingeniería, tradicionalmente orientada por una lógica tecnicista e instrumental, ha sido desafiada por enfoques que integran dimensiones sociales, políticas y ambientales. Este artículo analiza cómo la articulación entre la Educación Ambiental Crítica (EAC) y la Tecnología Social (TS) puede contribuir a la formación de ingenieros comprometidos con la transformación socioambiental. A partir de un enfoque cualitativo e interpretativo, se examinaron dos experiencias extensionistas. El análisis consideró aspectos como la participación, la coproducción de conocimiento, el territorio y la formación política. Los resultados muestran que estas experiencias estimulan aprendizajes que cuestionan el modelo tecnocrático, promoviendo la reflexión crítica. Se concluye que la integración entre TS y EAC favorece la construcción de nuevas formas de conciencia en la ingeniería, llenando vacíos teóricos y señalando caminos prácticos para la reformulación curricular y el fortalecimiento de la extensión universitaria crítica.

Palabras-clave: Educación Ambiental Crítica. Tecnología Social. Experiencias de Extensión. Formación en Ingeniería.

Critical environmental education and social technology: extension perspectives for engineering training

Abstract: Engineering education, traditionally guided by a technicist and instrumental logic, has been challenged by approaches that integrate social, political, and environmental dimensions. This article analyzes how the articulation between Critical Environmental Education (CEE) and Social Technology (ST) can contribute to the training of engineers committed to socio-environmental transformation. Based on a qualitative and interpretative approach, two extension experiences were examined. The analysis considered aspects such as participation, co-production of knowledge, territory, and political formation. The results show that these experiences foster learning processes that challenge the technocratic model, promoting critical reflection. It is concluded that the integration of ST and CEE favors the construction of new forms of consciousness in engineering, filling theoretical gaps and pointing to practical paths for curricular reform and the strengthening of critical university outreach.

Keywords: Critical Environmental Education. Social Technology. Extension Project Experiences. Engineering Teaching.

INTRODUÇÃO

Preocupado com a devastação das florestas brasileiras, Freyre (1987) refletiu sobre o papel de três ‘engenharias’ necessárias na busca por melhores ‘rumos’. Elas seriam a física, que se manifesta em “quase todas as coisas técnicas”; a humana, nas relações técnicas e na adaptação das coisas ao uso; e das relações sociais, das pessoas entre si, assim como entre seus métodos e instituições (1987, p.25). Ao considerarmos essas três dimensões, em caráter expositivo e introdutório, podemos compreender a complexidade e os diferentes perímetros das práticas e das formações em engenharia.

Como, então, contribuir a essa capacidade de promover invenções e engendrar novos rumos humanos, técnicos e socioambientais?

Questões como essas são colocadas por duas abordagens complementares que dialogam com as engenharias e suas práticas: a da Educação Ambiental Crítica - EAC

(Loureiro, 2007; Layrargues, 2014) e a da Tecnologia Social - TS (Dagnino, 2014; Souza; Pozzebon, 2020; Atolini, 2021; Vasconcellos, 2025). A convergência entre os campos da TS e da EAC aplicada à formação em engenharia é uma lacuna ainda pouco explorada na literatura brasileira. Embora ambas as abordagens compartilhem princípios como a valorização do saber popular, a transformação social e a crítica à racionalidade tecnocrática, são raros os estudos que propõem um diálogo sistemático entre elas, visto que, quando se faz busca dos termos Tecnologia Social em conjunto ao termo Educação Ambiental Crítica, são encontrados pouco mais que 150 trabalhos.

Na formação em engenharia alinhada aos princípios de TS e EAC, o desenvolvimento de duas habilidades se revela fundamental: uma ligada às formas de consciência, entendidas como os valores, princípios e regras que permitem julgar uma situação e atribuir sentido às demandas sociais colocadas (Du Tertre, 2001); e a outra às formas de pensamento, relacionadas às expectativas e condições para o engajamento, isto é, às estratégias operatórias que emergem para tornar efetivamente possíveis as novas práticas na engenharia (Du Tertre, 2001). Enquanto as formas de consciência dizem respeito à dimensão normativa e ética que orienta o julgamento sobre o que deve ou não ser transformado, as formas de pensamento conectam-se ao plano da ação, permitindo organizar recursos, metodologias e instrumentos para que a transformação ocorra. Em outras palavras, trata-se de articular uma leitura crítica da realidade com a capacidade de elaborar caminhos viáveis para sua superação. Essas duas dimensões, ao serem incorporadas nos processos formativos, permitem deslocar a engenharia de um papel meramente tecnicista para uma prática socialmente situada. Assim, a integração entre formas de consciência e de pensamento contribui para a formação de profissionais aptos a reconhecer os conflitos socioambientais e, ao mesmo tempo, engajar-se em sua transformação coletiva.

Nossa análise se dá a partir da experiência de dois grupos extensionistas, a Incubadora de Empreendimentos Sociais e Solidários da Universidade Federal de Ouro Preto (Incop) e o Núcleo Alter-Nativas de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais (Nap). Em ambas as trajetórias, estudantes e professores participam, na assessoria a grupos de economia solidária, da concepção de sistemas de trabalho (em suas dimensões organizacional, dos produtos, processos, ferramentas e instrumentos).

Ao refletir sobre os efeitos técnicos, sociais e ambientais dessas ações, pretendemos expor como a construção do problema de intervenção e o aprendizado de metodologias emergentes são alavancas centrais na formação e no desenvolvimento de novas práticas de engenharia, ampliando o repertório técnico e desenvolvendo formas de consciência e de pensamento voltadas à justiça socioambiental.

Como principais resultados, apresentamos: (i) como ambos os grupos apostam em abordagens emergentes de construção do problema de intervenção, em consonância com a perspectiva da Tecnologia Social; e (ii) a necessidade de avaliação crítica da relação entre a produção e o ambiente, como pressuposto de um desenvolvimento das dimensões humanas, técnicas e sociais da concepção. Assim, a análise procura oferecer subsídios conceituais e metodológicos para a reformulação curricular dos cursos de engenharia, bem como para o fortalecimento de práticas extensionistas comprometidas com a transformação territorial e a democratização do conhecimento técnico.

A fim de refletir sobre como o desenvolvimento de uma perspectiva de tecnologia social contribui ao cultivo de uma educação ambiental crítica na formação das e dos engenheiros, o artigo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução. A segunda seção apresenta um debate teórico sobre a formação em engenharia, contrastando a perspectiva tradicional com abordagens críticas que propõem uma reorientação político-pedagógica da prática profissional. A terceira seção descreve os fundamentos metodológicos, seguida da descrição das experiências extensionistas da Incop e do Nap (quarta sessão). Na análise, são abordados temas que tratam das formas de consciência na construção do “problema de intervenção” e das metodologias emergentes no desenvolvimento de novas “formas de pensamento” na formação de engenharia (quinta sessão). Por fim, apresentamos considerações finais, retomando as contribuições teóricas e práticas, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

FORMAÇÃO EM ENGENHARIA A PARTIR DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA E DA TECNOLOGIA SOCIAL

A formação em engenharia, historicamente, é fortemente ancorada em uma perspectiva tecnicista e funcionalista, voltada ao atendimento das demandas de mercado e ao desenvolvimento econômico encerrado em uma racionalidade instrumental (Kawamura; Simão, 1981; Dagnino; Novaes, 2008; Leydens; Lucena; Riley, 2022).

Esse modelo, consolidado a partir da Revolução Industrial e fortalecido com o avanço do capitalismo industrial, orienta-se por uma lógica produtivista que prioriza o domínio técnico-científico e uma aparente eficiência dos sistemas de produção, com pouca ou nenhuma consideração sobre os impactos sociais e ambientais de suas aplicações.

Cech (2013), Bordon e Bazzo (2019) e Leydens, Lucena e Riley (2022) apontam que essa formação tende a moldar profissionais como solucionadores de problemas técnicos, negligenciando os aspectos sociopolíticos e culturais das tecnologias desenvolvidas. Ignora-se, assim, a não neutralidade da tecnologia (Dagnino, 2008). Reproduzida no Sul Global, essa visão hegemônica de engenharia universalizada desconsidera a diversidade de realidades, perpetuando desigualdades e injustiças socioambientais (Rosa; Strieder, 2018; Dagnino; Novaes, 2008).

Somada à sua ênfase histórica na racionalidade instrumental, a formação em engenharia tradicional organiza-se a partir de uma estrutura curricular positivista, com predominância das disciplinas de matemática, física, química e fundamentos da engenharia aplicada. As Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia de 2019 (CNE/MEC, 2019), embora reconheçam a necessidade de formação humanística e crítica, ainda reforçam um perfil de egresso orientado ao “desenvolvimento de soluções tecnológicas” com foco em inovação e produtividade para a competitividade. Isso reduz a complexidade das questões socioambientais a variáveis operacionais, esvaziando abordagens críticas da realidade (Dagnino; Novaes, 2008; Leydens; Lucena; Riley, 2022). Mesmo quando ética ou sustentabilidade aparecem, são temas isolados, desconectados da prática profissional. Ao marginalizar esses aspectos, a engenharia mantém a ilusão da neutralidade científica (Baillie; Levine, 2013; Inea; Turchetti; Ellensohn, 2024) e perpetua hierarquias e distanciamentos em relação às populações vulnerabilizadas.

Em contrapartida, a perspectiva crítica da formação, inspirada em Paulo Freire, preconizada na Educação Ambiental Crítica (EAC) e na Tecnologia Social (TS), propõe uma engenharia comprometida com a transformação social e a justiça ambiental. A EAC, segundo Guimarães e Teixeira (2024), critica a educação tradicional utilitarista e defende uma postura política e emancipadora. Para Loureiro (2007), os problemas ambientais são derivados de desigualdades de poder e modelos de desenvolvimento

excludentes, não meras falhas individuais. Layrargues (2014) reforça que visões conservadoras reduzem a educação ambiental a ações moralizantes e despolitizadas.

A EAC propõe, então, reconhecer os conflitos sociais, políticos e econômicos que sustentam a degradação ambiental, rompendo com a visão instrumental da sustentabilidade. Ao formar sujeitos críticos e conscientes das injustiças socioambientais, busca-se promover ações coletivas transformadoras. Suas principais características são a interdisciplinaridade, o diálogo de saberes, a ação coletiva e o compromisso ético-político com a justiça social e ambiental (Loureiro, 2007; Silveira; Lorenzetti, 2021). Por isso, essa abordagem demanda metodologias que incentivem a leitura crítica, o engajamento comunitário e o planejamento participativo, de forma que o profissional da engenharia torne-se mediador entre saberes e capaz de construir soluções sustentáveis e socialmente justas.

Assim como a EAC, a TS propõe um paradigma alternativo ao modelo dominante (Dagnino, 2014; Souza; Pozzebon, 2020; Vasconcellos, 2025), rejeitando a lógica de lucro e exclusão. Para Dagnino (2014) e Azevedo, Azevedo e Addor (2025), a TS deve ser construída de forma participativa, respeitando culturas e contextos, reposicionando a engenharia como mediadora de processos de transformação social (Alvear et al., 2022). Entre as características centrais da TS, estão a finalidade social, o protagonismo das comunidades, a adequação sociotécnica, a democratização do conhecimento e a sustentabilidade política e ambiental (Santos; Rocha, 2021). Em sua forte dimensão educativa, busca-se integrar o aprender-fazendo com reflexão crítica (Freitas; Segatto, 2014; Addor; Ravelo, 2020), em diálogo com a pedagogia freiriana.

Nesse sentido, formar engenheiros inspirados na TS e na EAC exige romper com a fragmentação e a tecnocracia, ao compreender a tecnologia como construção social que permite integrar conteúdos sobre desigualdade, autonomia e cooperação. Outro ponto de convergência entre as abordagens está no diálogo de saberes e na ação coletiva como práticas educativas (Loureiro, 2003; Silva; Moesch, 2022). A EAC propõe integrar o conhecimento científico às experiências locais e a TS, por sua vez, valoriza soluções apropriadas à realidade dos sujeitos envolvidos. Ambas defendem a escuta, a coaprendizagem e o protagonismo social. Juntas, elas articulam conhecimento,

território, cultura e emancipação, como podemos ver no Quadro 1, que resume suas contribuições à formação crítica em engenharia.

Quadro 1: Comparativo entre a EAC e a TS

Aspecto de comparação	Educação Ambiental Crítica (EAC)	Tecnologia Social (TS)
Fundamento teórico	Ecologia política, pedagogia freiriana, crítica ao modelo de desenvolvimento dominante	Teoria crítica da tecnologia, economia solidária, pedagogia freiriana
Objetivo principal	Emancipação dos sujeitos frente às injustiças socioambientais	Transformação social por meio da apropriação coletiva do conhecimento e da tecnologia
Natureza do conhecimento	Dialógico, crítico, contextualizado	Coletivo, empírico, situado territorialmente
Relação com a comunidade	Educação construída com os sujeitos, a partir de seus saberes e contextos	Desenvolvimento tecnológico com protagonismo comunitário e valorização dos saberes locais
Dimensão política	Central: formação de consciência crítica e ação transformadora	Central: ruptura com a lógica capitalista da tecnologia e fortalecimento de sujeitos sociais
Participação	Ação educativa participativa, horizontal, centrada na realidade vivida	Co-construção de soluções tecnológicas a partir de demandas sociais reais
Sustentabilidade	Ambiental, social, cultural e ética	Tecnológica, organizacional, econômica e sociopolítica
Processo formativo	Reflexivo, problematizador, voltado à leitura crítica da realidade	Técnico-político, formativo e emancipador
Visão de transformação	Crítica ao modelo hegemônico de sociedade, produção e consumo	Superação do modelo técnico dominante; construção de alternativas autônomas e solidária

Fonte: Autores a partir de Loureiro (2003), Dagnino (2014) e Azevedo, Azevedo e Addor (2025).

A articulação entre EAC e TS reforça, assim, a inclusão de componentes críticos nos currículos, ampliando o conceito de sustentabilidade e incorporando a cidadania no desenvolvimento tecnológico. Na prática, engenheiros e engenheiras devem poder acessar o cotidiano de grupos marginalizados, co-construir problemas e soluções e desenvolver competências técnicas, políticas e sociais. A extensão universitária, a pesquisa-ação e os projetos interdisciplinares tornam-se, então, dispositivos privilegiados para essa formação crítica.

METODOLOGIA

A elaboração deste artigo pautou-se em uma abordagem qualitativa, buscando aprofundar a compreensão sobre a interseção entre o desenvolvimento da tecnologia social e o cultivo da educação ambiental crítica no contexto da formação em engenharia, particularmente a partir de duas experiências extensionistas.

O arcabouço teórico que fundamenta este estudo baseia-se na compreensão da Tecnologia Social (TS) como campo que não parte de problemas ‘puramente técnicos’, mas que também envolvem questões como a inclusão social, a sustentabilidade e a autonomia dos sujeitos envolvidos. Paralelamente, a Educação Ambiental Crítica (EAC) é uma lente analítica para desvelar as raízes dos problemas ambientais, reconhecendo-os como sociais e políticos, o que exige novas formas de pensá-los e concebê-los.

A interseção dessas perspectivas visa superar os vieses de neutralidade na educação ambiental tradicional, quanto na tecnologia convencional, em um alinhamento prático e teleológico na promoção de uma formação em engenharia engajada com a justiça socioambiental. A Figura 1, assim, representa a articulação dessas abordagens e de seus princípios na análise das experiências de extensão refletidas neste artigo.

Figura 1: TS e EAC na análise das experiências de extensão



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

A seleção dos casos apresentados (Incop e Nap) obedeceu ao critério da pertinência teórico-metodológica: ambas as experiências se baseiam em tecnologias sociais com forte inserção territorial, adotam referenciais da educação ambiental crítica e envolvem estudantes de cursos de engenharia em seus processos formativos. Esses elementos tornam os casos exemplares para refletir sobre o tema proposto.

Foram analisados documentos institucionais (projetos, relatórios de extensão, editais), artigos científicos produzidos no interior dos programas, registros técnicos e publicações dos envolvidos nas experiências, com destaque para materiais acessados entre 2013 e 2025 no caso da Incop; e entre 2007 e 2024, no caso do Nap. O cruzamento entre empiria e teoria guiou a estruturação do texto, em uma lógica interpretativa e ensaística, cujo foco não é descrever os casos, senão compreender como essas trajetórias produziram saberes e deslocamentos na formação de futuros engenheiros. Neste sentido, ao abordá-las inspiramo-nos na metodologia dos múltiplos estudos de caso (Maffezzolli; Boehs, 2008). Embora os detalhes específicos dos casos não sejam explicitados na estrutura expositiva, a argumentação do artigo é construída a partir da observação e da reflexão sobre essas experiências de extensão.

Na análise, o artigo buscou inferir e sistematizar como o desenvolvimento de tecnologia social no ambiente extensionista universitário contribui para a educação ambiental crítica dos estudantes. Para tal, buscou-se demonstrar como há uma transformação nas ‘formas de consciência’ dos problemas e na percepção da relação entre produção e território, bem como na necessidade de construção emergente de conceitos operatórios a partir de problemas práticos – as ‘formas de pensamento’.

CASOS – AÇÕES DE EXTENSÃO EM TECNOLOGIA SOCIAL E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

1 - Incubadora de Empreendimentos Sociais e Solidários (Incop)

A Incop atua desde 2012 em João Monlevade-MG e região, e tendo também já atuado na região de Ouro Preto-MG, é um programa de extensão universitária que promove uma formação crítica inspirada na pedagogia freiriana, pautada em dimensões político-ideológicas, socioculturais, econômicas, tecnológicas e organizacionais. A Incop busca formar estudantes de engenharia como agentes de transformação socioambiental, e não meros técnicos, através da imersão em Empreendimentos

Econômicos Solidários (EES). Essa co-aprendizagem em realidades complexas e desiguais desenvolve a sensibilidade social, a escuta ativa e a leitura crítica, alinhando a prática da engenharia aos princípios da Educação Ambiental Crítica.

A metodologia da Incop, ancorada na pesquisa-ação (Thiollent, 1986), na pesquisa participante (Mariani; Carvalho, 2009) e na etnografia crítica (Macedo, 2006), é formativa, dialógica e transformadora. O conhecimento é co-construído com os EES, por meio de diagnósticos, planejamentos e execuções coletivas, valorizando o saber local e a interdisciplinaridade (Alves; Curi Filho, 2017). A pesquisa-ação direciona, conforme preconizado em Thiollent (1986), o ciclo de intervenção, combinando a análise da realidade com a experimentação prática. As atividades de assessoria e formação são concebidas a partir de diagnósticos construídos com os grupos sociais, seguidos de um ciclo dinâmico de planejamento, execução, avaliação e replanejamento.

A Incubadora atua com diversos grupos, como catadores, artesãos e agricultores, promovendo uma formação interdisciplinar ao desenvolver soluções de gestão e tecnologia com base no diálogo e respeito às culturas locais. O Núcleo de Desenvolvimento Tecnológico (NDT) da INCOP, por exemplo, criou *softwares* de forma participativa sob a perspectiva da Tecnologia Social. Estudantes vivenciam uma práxis crítica, desenvolvendo competências técnicas e políticas que ressignificam a engenharia como prática social e promovem a democratização do conhecimento.

Um exemplo da atuação da Incop e de seu enraizamento territorial é o trabalho desenvolvido junto à Associação Maria Efigênia (AME), em João Monlevade. A principal atividade da AME é produzir e distribuir, gratuitamente, uma farinha enriquecida que contribui para diminuir a vulnerabilidade alimentar na comunidade. Todavia, a relação da AME com o território vai muito além dessa produção. Atualmente, a associação: mantém um bazar que disponibiliza roupas gratuitas ou a baixo custo; oferece cursos de pintura e costura; oferta aulas de capoeira para crianças; disponibiliza equipamentos hospitalares (notadamente camas e cadeiras de rodas) para empréstimo; e organiza atividades culturais como Festa Junina e Festa do Dia das Crianças. Todos os recursos necessários para as ações da AME provêm de doações, convênios com a Prefeitura da cidade e editais. Desse multifacetado contexto de

atuação, participam os e as estudantes da Incop, que, por meio de uma assessoria contínua, compreendem a complexidade dessas operações e contribuem para melhorias.

Em síntese, a experiência da Incop evidencia-se como um espaço de formação crítica, articulando os fundamentos da EAC e da TS, na busca por formar engenheiros e engenheiras críticos, comprometidos com a justiça e a transformação socioambiental.

2- Núcleo Alter-Nativas de Produção (Nap)

O Nap é um programa de extensão, formação e pesquisa da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Há mais de 20 anos, esse coletivo participa e conduz projetos de assessoria a grupos de economia solidária e, em especial, a Associações e Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis (ACs). Em suas iniciativas, engajam-se estudantes de graduação, de pós-graduação e professores, cujas trajetórias acadêmicas são atravessadas pela complexidade social, econômica e ambiental que caracteriza o cotidiano de produção das ACs. Essa relação duradoura contribuiu, assim, à emergência de questões, críticas e desenvolvimentos técnicos e teóricos essenciais à formação de uma engenharia cuja noção de eficiência não é desarticulada daquelas da solidariedade e da cooperação.

Para representar um pouco dessa história, há de se retomar marcos históricos do projeto societal dos catadores - a *Reciclagem Popular*. Se o ofício de recuperação de materiais sólidos e industriais é secular nas cidades brasileiras, as primeiras ACs e políticas municipais de coleta emergiram apenas na década de 1990, enquanto a criação do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) foi formalizada em 2001. Nesse processo de institucionalização, houve também a criação dos Fóruns Lixo e Cidadania (FLC), principalmente nos âmbitos municipais e estaduais, como conta Dias (2009), como dispositivos consultivos para articular a diversidade de atores sociais envolvidos com a Reciclagem Popular. Ao participar desses e de outros espaços, os integrantes do Nap começaram a se aproximar das ACs e dos catadores.

Em 2003, surge o primeiro projeto de transformação do grupo, em parceria com a Associação dos Catadores de Papelão e Material Reaproveitável (Asmare), de intervenção nas condições de produção do grupo envolvido na coleta seletiva de Belo Horizonte. Em 2007 e 2008, com apoio de outras organizações dos FLCs e da parceria

com a Incubadora do Núcleo de Estudos Sobre o Trabalho Humano (NESTH/UFMG), ampliam-se os trabalhos com outros empreendimentos da Região Metropolitana de Belo Horizonte e de Minas Gerais. Começa-se, assim, o desenvolvimento de uma relação orgânica, cujo papel do NAP foi o de desenvolver pesquisas relativas “aos projetos e modelos de coleta seletivas solidárias no Brasil e à agregação de valor dos materiais nas cadeias de reciclagem” (Valle, 2023, p.71).

O envolvimento entre o NAP e as ACs também se intensificou com a emergência de controvérsias públicas sobre a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU), como no caso em que uma lei para incineração estava em discussão no estado de Minas Gerais (2012-2014). Trata-se do momento em que o coletivo de extensão e formação contribui à criação do Observatório da Reciclagem Inclusiva e Solidária (ORIS), cujo objetivo era “criar um espaço de reflexão e ação, congregando atores diferentes, reunidos em torno da promoção da reciclagem como alternativa ambiental e social ao tratamento do lixo urbano” (Oris, 2014, apud Valle, 2023).

Tais dispositivos simbolizam a perspectiva transdisciplinar na trajetória do NAP. Além da articulação da engenharia com outras disciplinas, como a psicologia, o serviço social, as ciências sociais e o direito, há a construção contínua de conhecimentos, propostas e problemas por meio do reconhecimento da experiência dos e das catadoras e do seu papel central no desenvolvimento de alternativas. Assim foi o caso, por exemplo, ao contribuir no desenvolvimento de projetos-pilotos de coleta seletiva com inclusão de catadores, em Itaúna, Belo Horizonte e outros municípios de Minas Gerais; além da condução do projeto de extensão Design Inclusivo de Instrumentos de Triagem e de Coleta de Recicláveis (2014–2016), que articulou uma série de pesquisas e intervenções em galpões de triagem de ACs. A criação da Rede Lixo Zero Santa Tereza, em 2017, por sua vez, foi “um marco histórico em que os integrantes do NAP passam, também, a acompanhar projetos de inovações em serviços urbanos prestados pelas ACs diretamente à população” (Valle, 2023, p.72).

Vale dizer, por fim, que o reconhecimento da possibilidade de uma produção solidária e eficiente, no curso das trajetórias das ACs, é o que fundamentou a articulação de tantos atores e grupos sociais, como o NAP, em torno da Reciclagem Popular - tecnologia social construída e desenvolvida pelo Movimento Nacional dos Catadores de

Materiais Recicláveis (MNCR). No entanto, em seu papel específico de uma abordagem crítica da produção e de seus desafios, os integrantes desse coletivo de extensão cultivam a compreensão de que a existência dessa possibilidade não se desdobra, necessariamente, em sua efetivação. Em outras palavras, uma composição harmônica entre eficiência e solidariedade, “possível e desejável, (...) não é simples obra do acaso, nem da vontade — e exige a revelação de contradições e potencialidades que se afirmam na trajetória” (Valle, 2023, p.28).

ANÁLISE

A análise foi elaborada a partir de dois eixos que visando complementar as informações apresentadas a partir da exposição dos casos. O primeiro eixo trata das *formas de consciência* envolvidas na construção dos problemas de intervenção e o segundo aborda as *formas de pensamento* mobilizadas por meio de metodologias emergentes de assessoria e concepção participativa.

As formas de consciência na construção do “problema de intervenção”

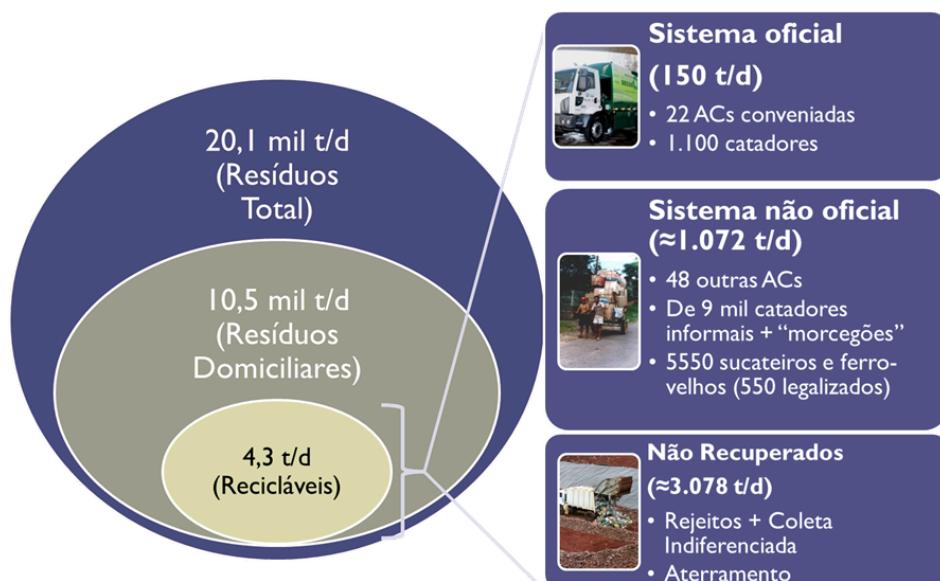
Como apontado por Valle (2023), ao analisar a história recente de intervenções do Nap junto aos grupos de catadores, a construção do problema de intervenção vem se demonstrando como principal alavanca na transformação social e das abordagens de engenharia. Trata-se de compreender que o que nos é solicitado, enquanto engenheiros e engenheiras, deve ser instruído a partir da revelação e composição das formas de compreensão das demandas sociais dos grupos assessorados. O risco de não fazê-lo seria o de reduzir o perímetro das questões a meras escolhas técnicas no sistema de trabalho, cujos resultados vêm se demonstrando ineficazes.

Um exemplo desta abordagem é exposto na dissertação de Marcelo Souza (2016), em que ele analisa contradições no projeto de Centrais Mecanizadas de Triagem para cooperativas da capital paulista. O autor demonstra como o projeto foi implementado a partir da reprodução de soluções estrangeiras, as quais não são adequadas à realidade local. Como resultados, os processos de concepção implicam em instrumentos pouco apropriáveis ao trabalho, com consequências na produtividade e na saúde dos e das catadoras. Além disso, fica exposto o caráter tecnicista da engenharia que, na legítima busca por aumentar o volume de resíduos recuperados pelo sistema

formal, enxerga prioritariamente a mecanização dos sistemas de trabalho como único meio, em uma realidade bastante distintas dos países europeus, de onde os maquinários obsoletos foram comprados.

Outro possível ponto de vista, como poderíamos inferir da Figura 2 (Souza *et al.*, 2021), que expõe os dados formais e informais da reciclagem na cidade de São Paulo, seria a formalização do sistema real de coleta realizado por catadores autônomos. Como poderia se inferir, avançar nessa perspectiva incorreria em um aumento de cerca de 700% no volume recuperado pelos sistemas públicos de coleta seletiva. Para isso, no entanto, deveria haver a reconstrução do problema e da demanda social com os grupos envolvidos, de uma proposta de mecanização dos sistemas à sua diversificação de serviços, apostando em políticas e tecnologias para inclusão desses trabalhadores urbanos. Em outras palavras, a solução a ser implementada deriva da forma de consciência no julgamento da questão colocada, de maneira que à engenharia, a solução de mecanização aparece com facilidade.

Figura 2: Dados formais e informais da reciclagem na cidade de São Paulo



Fonte: Souza *et al.*, 2021

De forma similar, no trabalho de assessoria da Incop à Ame, a construção da demanda social, ou seja, as formas de consciência envolvidas no julgamento dos

problemas de intervenção, permitem a compreensão de particularidades do grupo na transformação do sistema de trabalho. Ao realizar uma análise ergonômica do trabalho (Guérin *et al.* 2001) na produção da multimistura (Santiago *et al.*, 2025), estudantes de graduação, para além de revelar a inadequabilidade do quadro material de produção, conseguem também demonstrar que, caso uma mecanização ou adequação dos instrumentos seja concebida, ela deve considerar a razão de ser deste trabalho. Por se tratar de uma produção mutirante, a dimensão afetiva é o que mobiliza a produção, como momento de encontro e de compartilhar o tempo, o espaço, as ferramentas e os objetivos do trabalho. A questão colocada à assessoria, assim, é menos a de reduzir a quantidade de postos de trabalho, como ocorre comumente nos projetos de automação na engenharia, senão a de promover melhores condições para que esse encontro aconteça.

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias sociais no interior dos grupos extensionistas das Instituições de Ensino Superior (IES) representa uma oportunidade concreta para promover não apenas a produção de conhecimento técnico, mas também a ampliação das formas de consciência dos sujeitos envolvidos — sobretudo dos estudantes universitários. No contexto das universidades públicas, em especial, a extensão crítica orientada por princípios como a autogestão, a sustentabilidade e o diálogo de saberes acabam, assim, por assumir um papel central na transformação da compreensão dos problemas sociais e ambientais. Essa imersão nos contextos concretos estimula a reflexão crítica sobre as inter-relações entre produção, território, desigualdade e poder, além de fomentar a construção de novos referenciais analíticos e políticos.

No entanto, se a construção do problema de intervenção por meio de uma análise crítica das questões sociais colocadas é, sem dúvida, uma alavanca, para que as novas formas de consciência se efetivem são necessárias, também, novas ‘formas de pensar’ a transformação, ou seja, as condições e estratégias que emergem para tornar possível as práticas almejadas (Du Tertre, 2001). Nesse sentido, outra característica comum aos grupos de extensão, na articulação entre formação, transformação e produção de conhecimento, é a apostila em metodologias emergentes de assessoria.

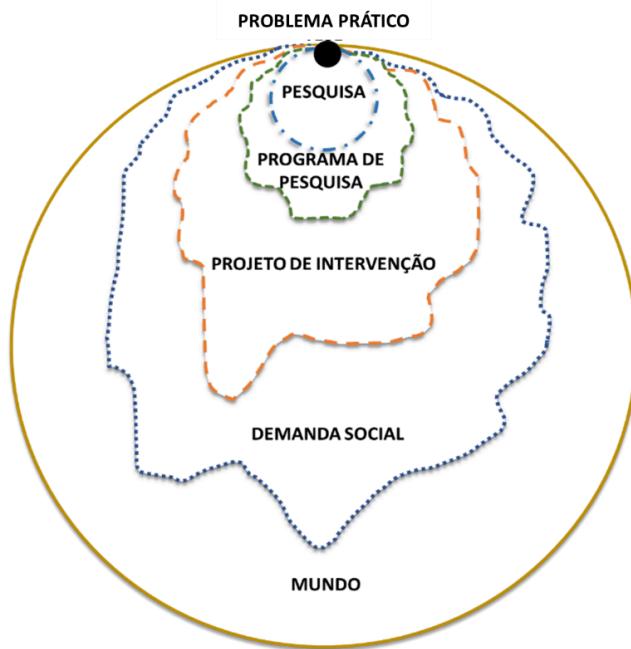
As metodologias emergentes no desenvolvimento de novas “formas pensamento”

O âmago das ações dos engenheiros é criar soluções criativas para problemas práticos. Essa definição traz um locus de atuação dos engenheiros nos projetos, por meio do qual ele intervém na sociedade e cuja prática é apoiada por metodologias de intervenção. Reconhecendo que a produção de tecnociência nos moldes tradicionais, aquela de caráter descendente, funciona sob uma lógica de levar conhecimentos acumulados a grupos sociais carentes, ela é também causa da exclusão social, na qual se fortalecem relações hegemônicas e/ou hierárquicas de produção de tecnologia.

Na perspectiva da TS e da EAC, propõe-se inverter os termos: trata-se mais de trazer as demandas sociais para transformar internamente os modos de ensinar e de produzir conhecimentos e tecnologias. Esse movimento passa por uma legitimação das formas de produção de conhecimento em que saberes práticos, o senso comum e a experiência cotidiana estejam lado a lado com a ciência. Para tanto, é necessário, no âmbito da formação em engenharia, a construção de ‘formas de pensamentos’ para tornar o e a futura engenheira aptos na construção da TS e da EAD. O que pretendemos afirmar é que essa construção passa, necessariamente, pela apropriação de metodologias ascendentes, capazes de produzir categorias concretas articuladas a conceitos operatórios que sustentem as intervenções.

Por meio da apresentação de um dispositivo, desenvolvido pelo Nap, que auxilia na articulação entre o micro (problemas práticos relacionados aos sistemas de produção e do trabalho) e o macro (dinâmica socioeconômica e política), as metodologias emergentes serão analisadas. Segundo Souza (2021), a articulação entre pesquisa e meio social se dá em diferentes níveis, em pesquisas orientadas à transformação. Inspirado em Costa (2014), o Nap trabalha com o esquema apresentado na Figura 3 que se articula em seis camadas: o problema prático, a pesquisa, o programa de pesquisa, o projeto de intervenção, a demanda social e o mundo.

Figura 3: Esquema de atuação do NAP



Fonte: Varella (2023), adaptado de Costa (2014)

O problema prático, que pode ser objeto de pesquisa de natureza acadêmica ou não, marca a sobreposição de todos esses níveis - como tornar o sistema de trabalho mais adequado à produção da multimistura na AME, considerando as razões de ser do processo e as características da população. Esse problema, por sua vez, é capaz de alinhar as questões teóricas e práticas ao objetivo compartilhado, entre investigadores, estudantes e grupos sociais, de transformar um mundo, estabelecendo uma conexão pertinente entre os outros níveis. Por isso, ele se localiza na intersecção. O problema prático é apenas um ponto, inserido na pesquisa que é desenvolvida - um recorte do que é feito ao longo da trajetória, ao se pretender responder uma, dentre tantas questões que um processo de pesquisa e/ou intervenção revela.

O contorno regular da pesquisa indica, por sua vez, a autonomia relativa do pesquisador nas definições da abrangência e do conteúdo. Souza (2021) explica que a autonomia relativa pode ser em maior ou menor grau dependendo do percurso, sendo que a precedência e a predominância da intervenção em relação à própria pesquisa

fazem com que esses limites não sejam tão claros e que sejam redefinidos e reorientados ao longo do processo.

As camadas subsequentes representam partes de processos mais amplos: a pesquisa é, assim, uma parte do programa de pesquisa, que por sua vez abrange uma parte do processo de intervenção, que responde a uma parte da demanda social, que contribui para construção de um projeto socioeconômico sonhado. Essas fronteiras são também disformes, dada a dinamicidade que lhes é própria (do meio social e das perturbações a partir dos resultados e efeitos da ação dos atores); e são porosas, pois as camadas interferem umas nas outras.

No caso dos grupos de extensão, cujos programas de pesquisa compartilham inspirações na ergonomia da atividade (Guérin et al., 2001), o ponto de partida de uma ação de intervenção é a demanda inicial, formulada por um ator social, apresentando, com frequência, características de encomenda. A formulação inicial é comumente colocada em termos de problema a resolver e/ou já com uma proposta de solução, isolados do seu contexto (Guerin et al., 2001). Já a reformulação da demanda pela assessoria “procura relacionar uma diversidade de desafios, que ela identificou junto a seus diferentes interlocutores e propõe um quadro para a sua ação” (Daniellou e Béguin, 2007, p. 292). A análise da demanda se constitui, assim, expandindo a compreensão da seção anterior, como um processo de articulação dos multiníveis apresentados no esquema de intervenção do NAP, ao alinhar a intervenção com o direcionamento da transformação social que se quer construir.

A efetividade e pertinência das soluções propostas, por sua vez, está relacionada com a qualidade da produção de conhecimento nessa dada situação, na qual o problema que se queira resolver se inscreve, seja na área acadêmica ou não. Dada a natureza sociotécnica dos sistemas, a investigação se volta para a forma social das tecnologias, na qual o trabalho e a interação homem-sistema passam a ter centralidade. Trata-se, assim, de um estudo feito a partir da análise das práticas humanas, típico das ciências que se propõe a compreender fenômenos sociais, como a antropologia, a etnologia e a etnografia. A implicação dos trabalhadores na co-produção desse conhecimento, então, aparece como a possibilidade de lidar com a complexidade das situações reais. Somente a participação dos agentes sociais interessados pode assegurar a convergência de

disciplinas diferentes em torno de problemas práticos complexos, pois a experiência do trabalho, dada sua natureza totalizante e global, possui todas as determinações presentes na situação de trabalho (Lima, 2007). Por isso, o que antes era “objeto” de pesquisa – os empreendimentos solidários, por exemplo – deve se tornar sujeito da produção do conhecimento.

Além disso, no campo da engenharia, o propósito de compreender fenômenos sociais se une com o de transformá-los. Segundo a abordagem ascendente da ergonomia compartilhada pelos grupos, os processos de concepção na engenharia envolvem a elaboração de projetos técnicos, mas não se finaliza neles, pois abrangem o “*desenvolvimento conjunto dos artefatos e das atividades de quem vai usá-los*” (Beguin, 2016, p. 205). Em outras palavras, o resultado final de um processo de concepção é o desenvolvimento de um instrumento: “*entidade composta que comprehende por um lado um artefato, mas também um componente relacionado à ação. É a associação dos dois organizada em sistema que forma o instrumento*” (Béguin, 2016, p. 210). Com essa ampliação do perímetro de ação na atividade dos projetistas, torna-se necessário compreender o trabalho futuro, aquela situação que os projetistas irão alterar com a implementação dos seus projetos. Ela não é possível de ser prevista em sua totalidade, pode-se apenas antecipar alguns elementos da situação futura. A participação dos trabalhadores na concepção é, então, o que permite lidar com a complexidade das situações reais, de forma que as condições para viabilizar essa participação dos trabalhadores nos projetos torna-se, também, objeto da engenharia.

Sendo assim, essa abordagem ascendente favoreceu, no caso da assessoria da Incop a AME, o projeto de sistemas de trabalho mais adequados, como, por exemplo, a organização do trabalho na produção da farinha enriquecida (Santiago *et al.*, 2025) e estruturação dos modelos de prestação de contas (Serafinet *et al.*, 2019); e, no caso da cooperação entre NAP e os e as catadoras, a concepção participativa de uma esteira não taylorista (Varella, 2023); de projetos pilotos de políticas pública (Campos, 2020); de projetos de articulação de catadores autônomos e cooperativas (Gonçalves, 2024); e de projetos de ecossistemas territoriais (Souza, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo investigar como a articulação entre a Tecnologia Social (TS) e a Educação Ambiental Crítica (EAC) pode contribuir para a consolidação de uma formação crítica de engenheiros, com base na análise de duas experiências extensionistas: a Incubadora de Empreendimentos Sociais e Solidários (Incop) e o Núcleo de Alternativas. Ao longo do texto, argumentamos que ambas as abordagens compartilham fundamentos comuns, como a valorização do saber popular, a atuação situada nos territórios, a crítica ao modelo tecnocrático de produção e a promoção de práticas voltadas à justiça socioambiental.

Os resultados evidenciam que essas experiências, ao inserirem estudantes de engenharia em contextos de vulnerabilidade social e conflitos ambientais, possibilitam a emergência de novas ‘formas de consciência e pensamento’ (Du Tertre, 2001). A convivência com os sujeitos dos territórios, o engajamento em processos coletivos de decisão e a prática da pesquisa-ação permitiram aos estudantes desenvolverem competências políticas, éticas e técnicas que não estão contempladas na formação tradicional. Destaca-se que a aplicação dos preceitos da Tecnologia Social como instrumento de mediação técnico-social, somada à lente crítica da EAC, promove não apenas uma aprendizagem significativa, mas também uma ressignificação do papel do engenheiro como agente de transformação.

Do ponto de vista teórico, este trabalho contribui para preencher uma lacuna importante ao aproximar dois campos que, embora convergentes em seus propósitos, ainda são raramente tratados de forma articulada na literatura sobre formação profissional: a Tecnologia Social e a Educação Ambiental Crítica. A análise proposta evidencia que a interseção entre esses campos oferece uma base sólida para repensar os currículos de engenharia, ao buscar favorecer ações de extensão que se estruturam por meio da reconstrução dos problemas de intervenção, no convite a abordagens críticas e interdisciplinares. Essa capacidade de ampliar o perímetro da disciplina, das questões físicas e ou técnicas à revelação de contradições sociais nas práticas e demandas endereçadas à engenharia, parece-nos o fundamento para sustentar projetos de extensão que ultrapassem o modelo assistencialista ou tecnicista, promovendo a co-produção do conhecimento e a transformação social.

Em termos práticos, os achados reforçam a importância de consolidar espaços formativos que integrem ensino, pesquisa e extensão, a partir de uma perspectiva crítica, territorializada e participativa. A adoção de metodologias emergentes de pesquisa-ação, a etnografia crítica e o trabalho interdisciplinar se demonstram um imperativo, dada a complexidade dos problemas práticos. Nesse sentido, formação, pesquisa e extensão se articulam nas práticas, contribuindo à educação de profissionais mais sensíveis às questões socioambientais, o fortalecimento das comunidades envolvidas, e a produção de tecnologias apropriadas.

Como limitação metodológica, destaca-se que o estudo se concentrou em fontes documentais e registros institucionais, o que restringe a análise às representações e sistematizações já produzidas pelas experiências. No entanto, a ausência de entrevistas, observações diretas e dados empíricos neste artigo pode ser complementada pelos dados produzidos nas pesquisas dos grupos de extensão estudados.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de investigações de caráter etnográfico e longitudinal, que acompanhem os impactos das experiências ao longo da trajetória acadêmica e profissional dos estudantes. Além disso, seria relevante aprofundar estudos comparativos entre diferentes incubadoras e núcleos universitários que operam com tecnologia social, a fim de mapear metodologias, desafios e inovações formativas. Por fim, indica-se a necessidade de explorar como essas práticas podem influenciar mudanças institucionais nos currículos de engenharia, contribuindo para sua reorientação em direção a uma educação voltada à sustentabilidade e à equidade.

REFERÊNCIAS

ADDOR, Felipe; RAVELO, Nelson. A Extensão Universitária e o Movimento da Tecnologia Social: uma perspectiva freireana. In L. Zart; L. Bitencourt (Org.), **Culturas e práticas sociais solidárias: leituras Freireanas**. Cáceres, MT: UNEMAT Editora, 2020.

ADDOR, Felipe; SANTOS, Aline Mendonça. Incubadoras tecnológicas de Economia Solidária e o campo da Tecnologia Social: resgate histórico, análise do contexto atual e perspectivas. In H. T. Novaes (Org.), **Educação para além do capital e políticas educacionais na América Latina**. Marília, SP: Oficina Universitária; Cultura Acadêmica, 2022.

ALVES, Jean Carlos Machado; CURI FILHO, Wagner Ragi Apresentação. In: ALVES, Jean Carlos Machado; CURI FILHO, Wagner Ragi (Orgs.) **Interdisciplinaridade, empoderamento e tecnologia social: experiências de economia solidária em uma ITCP**. São Paulo :All Print Editora, 2017.

ALVEAR, Celso Alexandre Souza; CRUZ, Cristiano Cordeiro; RUFINO, Sandra; VERÍSSIMO, Iena Yoshie José; PASCHOAL, Aristides; ABREU, Mariana Paiva Silva de; OLIVEIRA, Pedro Paulo Teixeira de; SANTOS, Julia Soares Pereira. Engenharias engajadas: a engenharia humanitária e a pluralidade dos engenheiros sem fronteiras. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 18, n. 50, p. 209-229, 2022.

ATOLINI, Tarcila Mantovan. **A construção da engenharia popular e a formação de engenheiros e engenheiras populares na práxis da intervenção em uma empresa recuperada por trabalhadores**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2021.

AZEVEDO, Deyvson Pereira; AZEVEDO, Dadiberto Pereira; ADDOR, Felipe. Tecnologia Social em comunidades ribeirinhas: atraso ou correspondência tecnológica ao Bioma Amazônia? **InterAção**, v. 16, n. 1, p. e90288-e90288, 2025.

BAILLIE, Caroline; LEVINE, Michael. Engineering ethics from a justice perspective: a critical repositioning of what it means to be an Engineer. **International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace**, 2(1), 10–20, 2013.
<https://doi.org/10.24908/ijesjp.v2i1.3514>

BÉGUIN, Pascal Daniel. A concepção dos instrumentos como processo dialógico de aprendizagens mútuas. In: FALZON, Pierre (Org.). **Ergonomia construtiva**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2016.

BORDIN, Leandro; BAZZO, Walter Antonio. Sobre (in) coerências entre a Universidade Pública e Popular, a Engenharia e o desenvolvimento de Tecnologias Sociais. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 5, n. 11, 2019.

CAMPOS, Larissa Sousa. **Inclusão ampliada de catadores como estratégia para a integração do sistema municipal de gestão de resíduos sólidos**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.

CECH, Erin. Culture of disengagement in engineering education? **Science, Technology, & Human Values**, 39(1), 42-72, 2013.

Conselho Nacional de Educação/Ministério da Educação. **Resolução N° 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019 que institui as diretrizes Curriculares Nacionais para os curso de engenharia**. Disponível em

<<https://portal.mec.gov.br/docman/abril-2019-pdf/112681-rces002-19/file>> Acessado em 11.07.2025.

DAGNINO, Renato. **Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico: um debate sobre a tecno ciência**. Brasil: Unicamp, 2008.

DAGNINO, Renato. **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: Eduepb, 2014.

DAGNINO, Renato; NOVAES, Henrique Tahan. O papel do engenheiro na sociedade. **Revista tecnologia e sociedade**, v. 4, n. 6, 2008.

DANIELLOU, François; BÉGUIN, Pascal Daniel. Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. In: FALZON, Pierre (Ed.). **Ergonomia**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2007. p. 281-302.

DU TERTRE, Christian. L'économie immatérielle et “ les formes de pensée ”dans le travail. In: HUBAULT, François. (Ed.). **Comprendre que travailler c'est penser, um enjeu industriel de l'intervention ergonomique**. Toulouse: Octarès éditions, 2001. p. 41–52.

FREITAS, Carlos Cesar Garcia; SEGATTO, Andrea Paula. Ciência, tecnologia e sociedade pelo olhar da Tecnologia Social: um estudo a partir da Teoria Crítica da Tecnologia. **Cadernos EBAPE. BR**, 12, 302-320, 2014.

FREYRE, Gilberto. **Homens, engenharias e rumos sociais**. Rio de Janeiro: Record, 1987.

GONÇALVES, Juliana Teixeira. **Inclusão pela confluência: a cooperação entre catadores autônomos e cooperativas**. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2024.

GUÉRIN, Frédéric; LAVILLE, Antoine.; DANIELLOU, François.; DURAFOURG, Jacques; Kerguelen, Alain. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. São Paulo: Blucher: Fundação Vanzolini, 2001.

GUIMARÃES, Verônica Maria Bezerra; TEIXEIRA, Juliana de Oliveira. Educação ambiental crítica: estudo sobre o uso do cinema ambiental nas escolas municipais de Dourados/MS. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 29, n. 1, p. 1-22, 2024.

INEIA, Adriano; TURCHETTI, Rogerio Correa; ELLENSOHN, Ricardo Machado. Competências e habilidades necessárias para a formação de profissionais da engenharia aptos a atuarem de forma sustentável. **Educação**, p. e73/1-24, 2024.

KAWAMURA, Lili Katsuco.; SIMÃO, Azis. **Engenheiro: trabalho e ideologia**. São Paulo: Ática 1981.

LAYRARGUES, Philippe Pomier; LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. As macrotendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. **Ambiente & sociedade**, v. 17, p. 23-40, 2014.

LEYDENS, John; LUCENA, Juan; RILEY, Donna. Engineering Educationand Social Justice. **Oxford ResearchEncyclopediaofEducation**.2022.

LIMA , Francisco de Paula Antunes. Das condições de produção de um saber interdisciplinar: a função da experiência do trabalho. In D. Cunha (Org.). **Trabalho: minas de saberes e valores** (pp. 252-259). NETE/FAE/UFMG, 2007.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Premissas teóricas para uma educação ambiental transformadora. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 37-54, 2003.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Educação ambiental crítica: contribuições e desafios. In: MELLO, Soraia Silva; TRAJBER, R. (Coords). **Vamos cuidar do Brasil : conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Brasília: UNESCO, 2007.

MACEDO, Roberto Sidnei. **Etnopesquisa crítica: etnopesquisa-formação**. Brasília: Líber Livro, 2006.

MAFFEZZOLLI, Eliane Cristine.; BOEHS, Carlos Gabriel Eggerts. Uma reflexão sobre o estudo de caso como método de pesquisa. **Revista da FAE**, v. 11, n. 1, 2008.

MARIANI, Fábio; CARVALHO, Ademar de Lima. Pesquisa participante: um recorte teórico acerca da abordagem de pesquisa e suas influências epistemológicas.**Revista da Faculdade de Educação**, v. 12, n. 2, p. 169-181, 2009.

ROSA, Suiane Ewerling da; STRIEDER, Roseline Beatriz. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação. **Linhas Críticas**, v. 25, 2019.

SANTIAGO, Davi Abner Almeida; MENDES, Luan Henrique Veiros; FERNANDES, Maria Eduarda Barbosa; CURI FILHO, Wagner Ragi; PINTO, Rafael Lucas Machado; VARELLA, Cinthia Versiani Scott; VALLE, William Azalim. Identificação de oportunidades de melhoria dos aspectos de trabalho de uma associação comunitária: o caso da Associação Maria Efigênia (AME). In: **Anais do XX Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social**. Campinas, 2025.

SANTOS, André Luis Matos dos; ROCHA, Marcelo Borges. Estudo sobre tecnologia social e meio ambiente: levantamento em dissertações e teses brasileiras. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 17(46), 73-91, , 2021.

SERAFIN, Viviane da S.; FREIRAS, Maxwell, Daniel de; FREITAS, Naiara G. de; ALVES, Jean Carlos M. Reflexões sobre possíveis categorias de indicadores para o processo de desincubação de empreendimentos sociais e solidários. In: ALVES, Jean Carlos Machado; TAVARES, Maressa Nunes Ribeiro. **Economia Solidária: Reflexões da incubação à desincubação.** São Paulo :All Print Editora, 2019.

SILVA, Daniel N.; MOESCH, Maria Carolina da S. Tecnologia social e universidade: uma relação necessária para inclusão e desenvolvimento sustentável: social. **Revista Gestão e Conhecimento**, 16(1), 45-53, 2022.

SILVEIRA, Dieison P.; LORENZETTI, Leonir. Estado da arte sobre a educação ambiental crítica no Encontro Pesquisa em Educação Ambiental. **Praxis& Saber**, v. 12, n. 28, p. 88-102, 2021.

SOUZA, Ana Clara Aparecida A.; POZZEBON, Marlei. Práticas e mecanismos de uma tecnologia social: proposição de um modelo a partir de uma experiência no semiárido. **Organizações & Sociedade**, 27, 231-254, 2020.

SOUZA, Marcelo Alves de. **O Catador e a Máquina: transferência de tecnologia e reprojeto em Centrais Mecanizadas de Triagem.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

SOUZA, Marcelo Alves de. **Lixo zero? Uma pesquisa-ação na co-construção de uma solução territorial para os resíduos sólidos urbanos.** 2021. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

SOUZA, Marcelo Alves de; LIMA, Francisco de Paula Antunes.; VARELLA, Cinthia Versiani Scott. The social shaping of waste and sorting technologies: The case of MRF transfer in São Paulo. **Urbe**, v. 13, p. 1–18, 2021.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-ação.** São Paulo, SP: Cortez: Autores Associados, 1986.

VALLE, William Azalim do. **Assessoria a grupos de catadores de materiais recicláveis: reconstruindo o problema na cooperação.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2023.

VARELLA, Cinthia V. S. **É possível uma esteira não taylorista? Sobre a forma social da tecnologia – O projeto de uma esteira de triagem de materiais recicláveis.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2023.

VASCONCELLOS, Andréa Araujo. Tecnologia Social: uma revisão de literatura. **InterAção**, v. 16, n. 1, p. e89357-e89357, 2025.