

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA E
EDUCAÇÃO

ROSA MARIA GOMES ORLANDO

DOSSIÊ DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NA AMÉRICA
LATINA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CTSA

ARARAS

2025

ROSA MARIA GOMES ORLANDO

**DOSSIÊ DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NA AMÉRICA
LATINA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO CTSA**

Monografia apresentada no Curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas
da Universidade Federal de São Carlos
para obtenção do título de Licenciado
em Ciências Biológicas.

Orientadora: Nataly Carvalho Lopes

ARARAS

2025

Orlando, Rosa Maria Gomes

Dossiê da cana-de-açúcar no brasil e na américa latina e suas contribuições para a educação ctsa/ Rosa Maria Gomes Orlando – 2025. 80f.

TCC (Graduação)- Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Nataly Carvalho Lopes

Banca Examinadora: Amanda Eloisa Ribeiro Gomes, Isabela Custódio Talora Bozzini Bibliografia

1. Educação em ciências. 2. Cana-de-açúcar. I. Orlando, Rosa Maria Gomes. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CCA – CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – Campus
Araras
Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas



Disciplina: Monografia II
BANCA DE DEFESA DA MONOGRAFIA

Aluno (a) avaliado (a): **Rosa Maria Gomes Orlando**

Título do trabalho: **Dossiê da cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina e suas contribuições para a educação CTSA**

Data e horário da defesa: Araras, 08 de dezembro de 2025, às 14h, presencial sala 13A CCA UFSCar

AVALIADOR 1:

É o orientador ou o coorientador? Sim

Nome: Profa.Dra. Nataly Carvalho Lopes

Instituição de origem: Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação - DCNME UFSCar campus Araras

Parecer: A aluna atende às habilidades esperadas para o desenvolvimento de um trabalho monográfico, ressaltando o ótimo trabalho de colaboração com o grupo de pesquisa e com a orientadora. O trabalho apresenta os aspectos necessários para uma pesquisa inicial e espera-se que possa ser publicado em periódicos da área.

Nota: 9,5

AVALIADOR 2 :

Nome: Profa.Me Amanda Eloisa Ribeiro Gomes

Instituição de origem: Programa de pós-graduação em educação para a ciência - unesp campus Bauru

Parecer: O trabalho apresenta grande potencial para a área de ensino de ciências, com temática relevante e excelente fundamentação teórica. Com o comprometimento da estudante de realizar as correções sugeridas, o trabalho está pronto para aprovação e publicação.

Nota: 9,5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CCA – CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – Campus
Araras
Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas



AVALIADOR 3 :

Nome: Profa. Dra. Isabela Custódio Talora Bozzini

Instituição de origem: Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação - DCNME UFSCar campus Araras


Parecer: O trabalho atende às prerrogativas de uma monografia de final de curso. A apresentação oral foi realizada a contento. A banca indica revisão da metodologia e do texto final para a inserção no repositório.


Nota: 9,5


RESULTADO

- Aprovada sem ressalvas
- Aprovada, com algumas modificações sugeridas, as quais devem ser incorporadas à Monografia para conferência pelo professor orientador, dentro do prazo de 15 dias
- Necessita de reformulações e a aprovação ficará condicionada à efetuação das mesmas pelo estudante. As reformulações devem ser feitas dentro de um prazo acordado com o professor orientador e a nova versão da Monografia deve ser enviada para o orientador para conferência e nova avaliação
- Reprovada, pois não atende às exigências estabelecidas para um Trabalho de Conclusão de Curso

ASSINATURAS DOS AVALIADORES

Documento assinado digitalmente
 NATALY CARVALHO LOPES
Data: 09/12/2025 14:41:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 AMANDA ELOISA RIBEIRO GOMES
Data: 09/12/2025 07:32:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 ISABELA CUSTODIO TALORA BOZZINI
Data: 08/12/2025 17:33:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PARECER FINAL: A aluna foi considerada aprovada.

Dedico este projeto de pesquisa ao meu pai, José Benedito Orlando (in memoriam), que sempre me incentivou a nunca desistir dos estudos, mesmo diante das dificuldades.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores por contribuírem com a minha formação, à minha orientadora Dra. Nataly, por me orientar nesse trabalho, às meninas do grupo de pesquisa que sempre me ajudaram nas minhas dúvidas.

Aos meus amigos e colegas que participaram comigo desta jornada na universidade me incentivando e apoiando para que eu continuasse meus estudos.

RESUMO:

Essa pesquisa propõe uma investigação sobre a produção de cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina, utilizando a perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para analisar os impactos ambientais, sociais e econômicos da indústria canavieira e suas potencialidades para o ensino de ciências. O estudo busca entender como as escolhas tecnológicas influenciam o cotidiano das comunidades nas regiões produtoras e como promover práticas de ensino voltadas a estes aspectos. Nossas discussões visam destacar a interação entre ciência, tecnologia e sociedade no ensino de ciências, abordando a cana-de-açúcar como um tema interdisciplinar que permite discutir aspectos históricos, biológicos, químicos e sociais, além de suas implicações trabalhistas e ambientais. A pesquisa foi conduzida por meio de pesquisas bibliográfica e documental, que envolveram o levantamento, a seleção e a análise crítica de diversas publicações científicas relacionadas à cultura da cana-de-açúcar e sua relação com o ensino de ciências. Para a análise dos dados, utilizamos a Análise de Conteúdo, método que possibilitou a identificação e organização de categorias temáticas relevantes para compreender as contribuições da temática no ensino de ciências orientadas pelas CTS. As fontes selecionadas abordam aspectos tecnológicos, socioambientais e educativos da produção de cana-de-açúcar, permitindo uma abordagem interdisciplinar e crítica do tema. Por meio dessa abordagem, pretendemos desenvolver nos estudantes a competência para interpretar e questionar criticamente os dilemas sociocientíficos, incentivando uma atuação consciente e responsável frente aos desafios socioambientais do presente.

Palavras-chave: Ciências da natureza; Educação em ciências; Educação contextualizada; Questões sociocientíficas; Análise crítica; Impactos ambientais e sociais; Pesquisa Bibliográfica

Lista de Abreviaturas e Siglas

CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
CO ₂	Dióxido de carbono
N ₂ O	Óxido nitroso
CH ₄	Metano
QSC	Questões Sociocientíficas
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	15
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	20
5. METODOLOGIA	33
5.1 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DE DADOS	33
5.2 ANÁLISE DE DADOS	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
7. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO CRÍTICA DO DOSSIÊ	52
8. CONCLUSÕES	72
9. REFERÊNCIAS	74

1. INTRODUÇÃO

Eu nasci na cidade de Pedreira, no interior do estado de São Paulo, morei em Campinas, onde pude me preparar para o vestibular, tive que trabalhar desde nova, então voltei a estudar uns anos depois de completar o ensino médio. Após este período, consegui ingressar na UFSCAR campus Araras e na universidade, tive a oportunidade de fazer iniciação científica pelo Programa Institucional de Iniciação Científica - PIBIC relacionada a cana-de-açúcar e sua praga broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*).

Após a finalização das iniciações científicas, pude conhecer disciplinas com outras turmas da UFSCar, nas quais surgiu a ideia de explorar mais a cana-de-açúcar do ponto de vista do ensino, algo que eu ainda não tinha explorado na universidade. Além dos estágios nas escolas, poder explorar algo novo seria um desafio interessante para a minha formação.

Como somos futuros professores, é relevante analisar e obter meios para uma pesquisa efetiva sobre a cana-de-açúcar e os aspectos da Educação CTS, que podem ser inseridos no ensino de ciências. Assim como é fundamental tentarmos entender como a produção da cana pode interferir na sociedade, é essencial compreendermos como as nossas vidas são influenciadas pelas decisões tomadas nos espaços de poder. A cultura da cana-de-açúcar, por exemplo, ilustra bem essa interconexão. Ela não apenas desempenha um papel econômico crucial no Brasil e na América Latina, mas também tem impactos significativos nas comunidades locais e no meio ambiente.

Ao analisarmos a cana-de-açúcar sob a perspectiva CTS, podemos entender como as decisões científicas e tecnológicas influenciam diretamente o dia a dia das comunidades que vivem em áreas onde essa cultura é desenvolvida. Isso envolve questões importantes, como o manejo sustentável dos recursos naturais, as condições laborais nas plantações e os efeitos ambientais decorrentes do cultivo intensivo (Santos; Auler, 2011).

No contexto latino-americano, a cultura da cana também assume relevância econômica em países como México e Colômbia, integrando uma dinâmica regional em que Brasil, Argentina e México se destacam na agroindústria açucareira (Maiante, 2011) A importância dessa cultura vai além do aspecto econômico, ela envolve questões ambientais relacionadas ao uso intensivo do solo e recursos hídricos, bem como impactos sociais nas comunidades rurais onde é cultivada (Borges *et al.*, 2020). Esse estudo nos permite refletir sobre de que maneira as pessoas têm suas vidas direta ou indiretamente afetadas por essas questões, seja pela geração de empregos ou pelo uso sustentável dos recursos naturais e como isso pode moldar o futuro do nosso planeta (Andrade *et al.* 2023).

Neste contexto, a perspectiva CTS oferece uma abordagem integrada para analisar esses temas complexos (Santos; Auler, 2011). Esta abordagem permite explorar as interações entre avanços científicos em biotecnologia vegetal, tecnologias agrícolas modernas que melhoram a produtividade da cultura e os impactos sociais decorrentes desses avanços tecnológicos nas comunidades locais (Conrado; Nunes-Neto, 2018).

Portanto, a produção de cana-de-açúcar, uma das principais culturas agrícola do Brasil e da América Latina, enfrenta desafios ambientais, sociais e econômicos significativos. O setor, responsável por grande parte da produção de açúcar e etanol, está associado a problemas como desmatamento, poluição, condições laborais precárias, uso excessivo de recursos naturais e impactos negativos em comunidades locais (Ibase, 2008).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2025), a safra de 2025/26 está estimada em 668,8 milhões de toneladas, uma redução de 1,2% em relação à temporada 2024-2025. A área de colheita cresceu 1%, alcançando 8,85 milhões de hectares, mas a produtividade caiu 2,1%, cuja queda é influenciada por condições climáticas desfavoráveis, especialmente no Centro-Sul. O Sudeste registra redução de 3,4% na produção, enquanto Nordeste e Sul apresentam crescimento na área e produtividade. Além disso, a cana é fundamental para a produção de biocombustíveis, especialmente o etanol, que se destaca como uma alternativa renovável aos combustíveis fósseis, contribuindo para a matriz energética do país e para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Assim, a atividade canavieira, embora vital para a economia, exige uma gestão sustentável para equilibrar a produção e a preservação ambiental (Conab, 2025).

O que nos leva a questionar sobre quais são os principais impactos ambientais da produção de cana-de-açúcar? Como a indústria canavieira afeta as comunidades locais? Diante dos estudos analisados, vemos a necessidade de se reduzir a emissão de gases de efeito estufa para conter o aquecimento global e mitigar as mudanças climáticas globais (Kitada, 2010). Um exemplo deste processo são as queimadas de palha, uma prática comum, embora proibidas, que emitem gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄). Além disso, a expansão da indústria canavieira impacta os ecossistemas naturais, ao transformar áreas de floresta em terras agrícolas destinadas ao cultivo (Rossetto, 2022).

A perspectiva CTS constitui uma abordagem muito importante para a preservação do equilíbrio ambiental e para a garantia de um futuro mais sustentável, por isso, perguntas como essas serão discutidas neste estudo. Do ponto de vista técnico, que envolvem ciência, tecnologia e sociedade podem questionar sobre quais são as tecnologias mais sustentáveis

para a produção de cana-de-açúcar? Quais são as políticas públicas mais eficazes para regulamentar a indústria canavieira? Já no campo do ensino de ciências, podemos questionar como incorporar a perspectiva CTS no ensino de ciências? Como o ensino de ciências pode abordar essas questões?

Este trabalho elabora um dossiê sobre a cana-de-açúcar, baseado na educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), para compreender como as escolhas tecnológicas afetam o cotidiano das comunidades produtoras. Busca discutir políticas públicas para regulamentar o setor, como o uso responsável da água e práticas agrícolas sustentáveis, contribuindo com subsídios pedagógicos para um ensino de ciências crítico e contextualizado sobre os desafios socioambientais da monocultura. Essa temática da cana-de-açúcar pode enriquecer o ensino de ciências orientado pelas relações CTS, fortalecendo a capacidade crítica dos alunos frente aos desafios socioambientais (Gomes, 2024).

A abordagem CTS no ensino de Ciências vai além da simples transmissão de conteúdos, ao promover uma compreensão crítica das interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Possibilitando que os estudantes reconheçam e reflitam sobre as transformações sociais decorrentes dos avanços científicos e tecnológicos, desenvolvendo uma postura reflexiva e responsável diante dos impactos dessas mudanças na vida coletiva (Souza, 2012). Outro ponto é se basear nos aspectos das relações CTS, pois esta perspectiva pode tornar mais claras as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, contribuindo para uma visão integrada que responde às questões ambientais emergenciais e promove um futuro sustentável (Fernandes 2018).

Diante do que foi apresentado, é necessária uma discussão sobre Questões Sociocientíficas (QSC). “Estas questões não se limitam a explorar o que podemos ou poderíamos fazer, mas também questiona o que é moral e eticamente mais aceitável, diante de discussões de riscos e benefícios e o que devemos fazer, destacando dimensões éticas fundamentais”(Conrado; Nunes-Neto, 2018, p 41). Assim, essa pesquisa propõe uma investigação sobre a produção de cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina, utilizando a perspectiva CTS para analisar os impactos ambientais, sociais e econômicos da indústria canavieira e suas potencialidades para o ensino de ciências.

Contribuições de Paulo Freire, Nancy Fraser e Aimé Césaire foram utilizadas para enriquecer a análise da cultura da cana-de-açúcar sob a perspectiva CTS. Freire, com sua pedagogia crítica e dialógica, oferece ferramentas para uma leitura ativa e problematizadora da realidade, o que pode ser potencial para democratizar o conhecimento científico e tecnológico. Nancy Fraser, por sua vez, contribui com a discussão sobre justiça social,

permitindo analisar como a cultura da cana-de-açúcar afeta grupos sociais marginalizados e como promover uma participação equitativa em processos sociais e políticos. Já Aimé Césaire (2020), com sua crítica ao colonialismo, inspira uma reflexão sobre as heranças históricas que influenciam as práticas agrícolas no Brasil e seu impacto nas comunidades afrodescendentes, promovendo uma conscientização crítica sobre as relações de poder no setor.

A interação das ideias desses pensadores proporciona um referencial teórico robusto para abordar a cultura da cana-de-açúcar no ensino de ciências. A pedagogia freireana promove um aprendizado ativo; a teoria da justiça social de Fraser destaca a importância da inclusão; e a crítica colonial de Césaire enriquece a discussão sobre identidade cultural. Ao integrar essas ideias, é possível explorar temas relevantes, como as condições de trabalho na colheita da cana, os efeitos da produção agrícola sobre o meio ambiente e a valorização das culturas afrodescendentes na produção agrícola, promovendo uma educação transformadora e engajada com as questões contemporâneas.

A cultura da cana-de-açúcar tem uma longa história no Brasil, moldando a economia e a sociedade desde o período colonial. Apesar de gerar riqueza e empregos, também provoca desigualdades sociais e impactos negativos, como o uso intensivo de agrotóxicos e condições de trabalho precárias. Diante disso, essa pesquisa pretende contribuir para práticas de ensino de ciências que conectem o conhecimento científico às questões socioculturais contemporâneas, incentivando uma educação crítica e transformadora. Em suma, o projeto busca desenvolver uma abordagem integrada que promova reflexões sobre os desafios e as possibilidades da cultura da cana-de-açúcar, atentando para a tensão entre desenvolvimento econômico, justiça social e sustentabilidade ambiental, reconhecendo que o equilíbrio entre esses aspectos demanda políticas públicas, inovação tecnológica e amplo debate social (Ibase, 2008).

Para o desenvolvimento dos objetivos, os dados foram constituídos a partir de uma pesquisa dos tipos documental e bibliográfica, na qual foram analisados artigos de pesquisas relacionadas ao tema da cultura da cana-de-açúcar e seu ensino orientado pelas relações entre CTS. Conforme Rodrigues e Neubert (2023), a pesquisa bibliográfica consiste no levantamento, seleção e análise crítica de fontes científicas relevantes, o que permitiu uma compreensão aprofundada do objeto estudado. Já a pesquisa documental envolveu a análise de documentos institucionais, relatórios oficiais, entre outros materiais que abordam aspectos históricos, econômicos e ambientais da cana-de-açúcar. A pesquisa ou análise documental consiste em construir conhecimento a partir da análise de diversos tipos de documentos, como registros oficiais, artigos, livros, relatórios e reportagens, com o objetivo de extrair

informações relevantes para o objeto de estudo (Cardoso; Batista, 2024). Essa abordagem possibilitou organizar e interpretar as informações de forma sistemática, fundamentando a discussão sobre os impactos socioambientais da monocultura da cana e suas potencialidades para o ensino de ciências.

O critério para a escolha do material baseou-se na relevância dos textos para a compreensão dos diversos impactos da monocultura da cana, bem como para a discussão pedagógica orientada pela abordagem CTS. O objeto de estudo consistiu na análise qualitativa dos conteúdos presentes nesses diferentes tipos de documentos, levando em consideração seus enfoques, motivações e problemáticas discutidas, bem como as contribuições para o entendimento dos impactos socioambientais e educacionais relacionados à essa cultura. A metodologia desta pesquisa foi fundamentada no procedimento desenvolvido por Milaré (2013), que realiza a busca, seleção e análise criteriosa de dissertações e teses por meio da leitura de títulos, resumos e capítulos específicos, classificando motivações e problemas de pesquisa segundo critérios estabelecidos, este modelo orientou a análise dos diferentes materiais utilizados. Foram analisados artigos científicos, livros acadêmicos, dissertações, relatórios institucionais, textos jornalísticos e reportagens, notícias, relatórios de mercado/setoriais, trabalhos de conclusão de curso e monografias, o que proporcionou uma abordagem organizada, criteriosa e diversificada para a elaboração dos fundamentos teóricos deste estudo.

A análise dos dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo, conforme proposto por Laurence Bardin (1977). Essa metodologia permitiu uma sistematização rigorosa e objetiva do material, por meio das fases de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. A Análise de Conteúdo possibilitou a identificação, categorização e interpretação dos discursos presentes nos textos selecionados, permitindo compreender as relações de poder, raça e gênero, entre outros aspectos, no contexto da cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

2. JUSTIFICATIVA

Diante das questões que já levantamos, nos propomos a desenvolver um material analítico aos moldes de um dossiê. Por dossiê, compreendemos uma coleção de documentos relativos a um processo, a uma instituição, a um indivíduo ou a qualquer assunto, reunindo e organizando informações relevantes de diferentes fontes (Dicio, 2021). Sua importância está

em oferecer uma visão integrada e aprofundada sobre o tema analisado, permitindo fundamentar posicionamentos críticos e embasar decisões de estudo ou pesquisa.

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil é uma atividade agrícola de grande importância, tanto econômica quanto socialmente. Com raízes históricas que datam do período colonial, essa cultura permanece essencial para a economia brasileira, proporcionando empregos, receitas significativas e contribuindo para a segurança energética nacional através da produção de etanol. Compreender a trajetória histórica, os desafios enfrentados e as práticas de manejo da cultura da cana-de-açúcar é essencial para apreciar sua relevância e o impacto que ela exerce no desenvolvimento socioeconômico do Brasil (Mais Agro, 2024).

Entretanto, é necessário compreender esta temática, de acordo com a sua complexidade, proporcionada pelas diversas visões e aspectos que se relacionam ao cultivo, manejo, produção e utilização dos produtos da cana, além de aspectos sociais, como questões do trabalho, gênero, raça e ambientais, a utilização de agrotóxicos e os problemas decorrentes da monocultura.

Embora muitas campanhas se concentrem em questões ambientais, como o desmatamento na Amazônia, essas preocupações também se aplicam à reflexão sobre práticas agrícolas sustentáveis no cultivo da cana-de-açúcar (Greenpeace, 2023). O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil deve ser conduzido de forma responsável e sustentável, adotando práticas que protejam o solo, a biodiversidade e evitem o desmatamento indireto, garantindo assim um equilíbrio entre produtividade e conservação ambiental.

A perspectiva de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) permite uma análise crítica e interdisciplinar das interconexões entre esses três pilares. Integrando conhecimentos de agronomia, sociologia, educação e ciências ambientais, esta pesquisa examina as práticas insustentáveis associadas à produção de cana-de-açúcar (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Permitindo que estudantes compreendam não apenas os avanços tecnológicos e econômicos do setor, mas também os impactos sociais e ambientais envolvidos e reconheçam a necessidade de práticas sustentáveis para proteger o solo, a biodiversidade e evitar o desmatamento indireto.

O cultivo da cana-de-açúcar provoca muitos impactos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa, a poluição do ar e do solo, e danos à biodiversidade, decorrentes dos resíduos gerados, das queimadas e da expansão dos canaviais. Já nos aspectos sociais, trabalhadores rurais são diretamente afetados pela exposição à fuligem das queimadas, que contém diversas substâncias químicas nocivas. Por isso, é fundamental que os administradores das usinas adotem estratégias claras para comunicar seu compromisso

ambiental e reduzir esses impactos, utilizando reuniões com acionistas, imprensa, sites e documentos corporativos, promovendo assim práticas mais sustentáveis e a proteção das comunidades e do meio ambiente (Borges *et al.*, 2020).

O setor sucroalcooleiro gera empregos e contribui para o PIB nacional, porém, o trabalho manual no corte da cana ainda é exaustivo, sendo progressivamente substituído pela mecanização, que proporciona empregos mais qualificados. Também é fundamental garantir a destinação adequada dos resíduos da cana, pois seu aproveitamento sustentável pode aumentar a lucratividade e minimizar os impactos ambientais, demandando mais investimentos dos setores público e privado e à pesquisa acadêmica. Ainda há lacunas sobre a contribuição das empresas para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável¹ e os impactos socioeconômicos nas regiões produtoras, reforçando a necessidade de estudos aprofundados (Silva *et al.*, 2021).

Refletir sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos da indústria canavieira é fundamental, pois, apesar de ser um importante gerador de empregos e impulsionador econômico, ela está associada à degradação do solo, à poluição do ar causada pelas queimadas, seu transporte e ao uso intensivo de insumos químicos, afetando a saúde dos trabalhadores e das comunidades próximas. Discutir esses aspectos é essencial para entender as relações entre produção, meio ambiente e sociedade, e para orientar políticas públicas que levem em consideração as contradições do setor, promovam proteção ambiental efetiva e priorizem a justiça social, em vez de apenas reproduzir interesses econômicos sob o discurso da sustentabilidade (Ibase, 2008).

Assim, Vizeu, Meneghetti e Seifert (2012) observam que a ideia de sustentabilidade disfarça conflitos de interesse reais e profundas contradições no próprio sistema que apoia tais práticas, ao afirmar que há uma aparente compatibilidade entre o progresso econômico capitalista e a preservação ambiental. Com base na perspectiva da Teoria Crítica da Escola de Frankfurt, os autores argumentam que o conceito dominante de desenvolvimento sustentável permite a legitimação e perpetuação da lógica do capital, impedindo uma transformação significativa das práticas produtivas e das relações sociais. A sustentabilidade é, portanto, uma fachada, que suaviza os conflitos gerados pela lógica capitalista e apresenta uma aparência de equilíbrio e responsabilidade que, na prática, é limitada (Vizeu; Meneghetti; Seifert, 2012).

¹ Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são metas globais para erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e promover paz e prosperidade. As Nações Unidas apoiam o Brasil na implementação desses objetivos para alcançar a Agenda 2030. Acesso: <https://brasil.un.org/pt-br/sdg>

Ademais, a presente proposta fundamenta-se na relevância de investigar as relações de raça, gênero e trabalho na cultura da cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina, buscando evidenciar as desigualdades estruturais que impactam de forma desproporcional os grupos marginalizados. Nesse contexto, a análise das condições de trabalho das mulheres no setor canavieiro destaca não apenas as disparidades de gênero existentes, mas também a urgência de políticas que promovam a equidade e valorizem o papel feminino na agricultura (Caumo *et al.*, 2012).

Incorporar a perspectiva CTS no ensino possibilita que os alunos compreendam melhor as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, através do exemplo da cana-de-açúcar. Isso inclui discutir políticas públicas eficazes para regulamentar o setor sucroalcooleiro, como leis sobre uso responsável dos recursos hídricos, além de promover práticas agrícolas sustentáveis (Souza, 2012).

Além disso, esse estudo pode fomentar habilidades essenciais como pesquisa, análise crítica e comunicação científica, contribuindo para a construção de um futuro mais responsável e sustentável. Essa pesquisa servirá como um recurso valioso para a prática docente, funcionando como um material analítico podendo ser divulgada e utilizada em aulas de Ciências, favorecendo um ensino mais consistente, fundamentado em evidências e comprometido com a transformação das práticas educacionais.

Dessa forma, a perspectiva CTS promove uma visão mais ampla e reflexiva, essencial para formar cidadãos conscientes e preparados para debater e atuar em prol de um desenvolvimento agrícola sustentável e socialmente justo (Santos; Auler, 2011). Desenvolver temas socioambientais em situações de ensino possibilita que os estudantes compreendam que os desafios relacionados ao cultivo da cana-de-açúcar vão além dos aspectos produtivos, envolvendo um complexo contexto que integra ciência, tecnologia, relações de poder, gênero, raça, meio ambiente, economia, trabalho e as comunidades diretamente afetadas.

Deste modo, a complexidade dessas questões revela sua natureza multidimensional, que vai além do ambiente escolar e exige uma reflexão integrada. É fundamental que a educação forme indivíduos capazes de compreender as interconexões entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos, desenvolvendo uma visão crítica e consciente. Assim, os estudantes estarão preparados para atuar de forma responsável e transformadora, contribuindo para uma sociedade mais justa, democrática e sustentável. Ampliar essa discussão no contexto educacional é essencial para fomentar a cidadania ativa e o compromisso com o desenvolvimento sustentável, justificando a importância deste trabalho na promoção dessa reflexão crítica e interdisciplinar.

Diante disso, formula-se a seguinte questão de pesquisa: "Como a temática da cultura da cana-de-açúcar pode contribuir para o ensino de ciências orientado às relações CTS, ampliando a formação crítica dos estudantes sobre dilemas socioambientais?"

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um dossiê analítico sobre a cana-de-açúcar orientado pela educação CTS, visando contribuir para o ensino de Ciências ao promover a reflexão crítica sobre a monocultura da cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina. Busca-se identificar os impactos ambientais, sociais e econômicos da indústria canavieira, que poderão ser utilizados em atividades educativas que incentivem nos estudantes a análise crítica desses aspectos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar os aspectos tecnológicos e produtivos da cultura da cana-de-açúcar, destacando sua relação com o desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil e na América Latina.
- Analisar as implicações socioambientais da monocultura da cana-de-açúcar, promovendo a reflexão crítica dos estudantes sobre seus impactos ambientais e sociais.
- Identificar e analisar quais discussões e elementos da educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) estão presentes nas abordagens sobre a cultura da cana-de-açúcar, avaliando como esses aspectos podem contribuir para o ensino de ciências.
- Avaliar os desafios e limitações existentes na incorporação da temática da cana-de-açúcar sob a abordagem CTS no ensino de ciências, propondo caminhos para sua superação.
- Desenvolver abordagens pedagógicas que integrem as temáticas de raça, gênero e trabalho a partir da cultura da cana-de-açúcar, ampliando a compreensão dos estudantes sobre as relações sociais envolvidas.

Por fim, apenas julgamos importante indicar que foi feito o uso de ferramenta de inteligência artificial² para fins de correção ortográfica e verificação de normatização de referências. Deste modo, garantimos a autoria total do trabalho.

4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A cultura da cana-de-açúcar ocupa um papel central na história e na economia do Brasil, desde o período colonial até a atualidade, entrelaçando-se à formação do território, à organização do trabalho e à inserção do país no mercado internacional de açúcar e etanol (Oliveira Shimada, 2013). Ao mesmo tempo em que gera riqueza, empregos e contribui para a matriz energética, essa cultura também está associada a profundas desigualdades sociais, à concentração de terras e a diversos impactos ambientais (Ibase, 2008).

Discutir a cana-de-açúcar no desenvolvimento teórico deste trabalho é tanto um reconhecimento da relevância estruturante que a cana-de-açúcar tem para o Brasil quanto uma problematização dos conflitos e dilemas socioambientais dessa monocultura especialmente quando vista à luz da educação CTS (Santos; Auler, 2011). Esta proposta não só busca defender essa articulação, mas também investigar como esse tema pode adicionar riqueza e tornar a educação científica mais contextualizada através do nexo entre Educação CTS e a cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

Esse desenvolvimento teórico delineou os pilares conceituais que orientaram o estudo, articulando a importância e a aplicabilidade de cada unidade para a interpretação do problema de pesquisa e incorporando as contribuições de Paulo Freire, Nancy Fraser e Aimé Césaire na análise da cultura da cana-de-açúcar a partir de uma perspectiva CTS. Desse modo, contribuiu para enriquecer a compreensão da convergência entre ciência, tecnologia e sociedade, promovendo uma educação mais consciente e transformadora.

Embora propostas mais contextualizadas e interdisciplinares estejam surgindo na Educação em Ciências, os retrocessos e limitações criados sob a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) permanecem enraizados em modos dominantes de abordar questões de aprendizagem que não são totalmente integrados nem responsivos às realidades dos alunos (Krützmänn; Alves; Silva, 2023). Nesse sentido, a abordagem CTS é uma alternativa que visa facilitar a integração entre ciência/tecnologia dentro da sociedade e promover a reflexão

² Acesso: <https://www.perplexity.ai/>

crítica sobre as implicações da ciência e tecnologia na sociedade e no mundo ao redor (Pinheiro, et al, 2007). Porque podemos observar a abordagem CTS, o ensino de ciências torna-se mais dinâmico, e as pessoas são capazes de entender como a ciência realmente funciona e suas limitações práticas, bem como como ela é aplicada a várias áreas da vida de uma pessoa. Tal abordagem leva ao surgimento de cognição crítica, decisão informada e ação para abordar questões sociais e ambientais.

Santana, Terra e Leite (2017) descrevem o lugar da cultura da cana-de-açúcar como foco para um currículo interdisciplinar em Química. Ao examinar a evolução do caldo de cana para o açúcar sob a ótica de uma orientação CTS/CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), os autores ilustram como esse tema amplia o aprendizado ao dar sentido às ideias científicas em relação às dimensões culturais, sociais e ambientais. Alunos com uma abordagem interdisciplinar consideram a complexidade da produção de cana-de-açúcar e o impacto na sociedade brasileira, adotando uma perspectiva crítica com o contexto em mente.

Isso está de acordo com o currículo científico, é uma das principais abordagens discutidas no livro CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisa (Santos; Auler, 2011). Essa abordagem é mais do que apenas transmitir conteúdo, mas aprimorar uma sensibilidade para a interseção entre ciência, tecnologia, questões sociais, políticas e ambientais. O foco CTS propõe que a reestruturação curricular deve alinhar o conhecimento científico com questões relevantes para a sociedade. Deve estimular o protagonismo estudantil e fomentar uma atitude cívica. Socialmente, a formação dos alunos precisa ir além da mera transmissão de conteúdos, visando à problematização e à intervenção em questões reais da sociedade.

Trazer QSC para as escolas significa que novos desafios e oportunidades surgem tanto para a formação de professores em educação CTS quanto para as habilidades de pensamento dos alunos (Carvalho, 2012). Além de integrar o conteúdo científico ao currículo, a abordagem CTS enfatiza como a ciência se inter-relaciona com a tecnologia e a sociedade. As QSC ampliam o escopo desse foco para abranger questões em torno de ética, cultura, política e moralidade, convidando à argumentação, debate e tomada de decisões fundamentadas, em relação a questões éticas reais e amplamente debatidas.

Além disso, a formação de professores para engajar-se com QSC no currículo de ciências é necessária para mediar esses debates complicados e multidisciplinares dentro da sala de aula. Carvalho (2012) destacam que, além de transmitir assuntos científicos, a inclusão de QSC inclui o ensino de ética e considerações sociais, que é a ideia de que o ensino se torna mais do que simplesmente transmissão de informações.

Conrado e Nunes-Neto (2018) contribuem com princípios teóricos e estruturas essenciais para o uso de Questões Sociocientíficas (QSC) no ensino, incluindo sua contribuição para a noção de que questões controversas relacionadas à ciência são facetas importantes da relação entre questões científicas e sociais. Examinar a cultura da cana-de-açúcar precisa tomar QSC como recursos pedagógicos para gerar debate, pensamento crítico e tomada de decisões informadas sobre as consequências sociais, ambientais e econômicas do cultivo da cana-de-açúcar. Como evidenciam as discussões propostas por Gomes e Lopes (2025) ao trabalharem essa temática como questão sociocientífica no ensino de Ciências voltado à justiça social.

Nesse sentido, é fundamental que as práticas educativas promovam o diálogo problematizador entre alunos e professor, partindo das realidades concretas e das experiências socioculturais dos estudantes para abordar questões ambientais e sociais complexas. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia intelectual, criando condições para que os alunos compreendam as contradições do setor e possam propor alternativas transformadoras nos âmbitos social, ambiental e ético.

O livro *Pedagogia da Autonomia*, de Paulo Freire, ressalta que o papel do professor vai além da simples transmissão de conhecimento, sendo essencial que ele atue como um pesquisador comprometido com a formação crítica e autônoma dos alunos. Neste contexto, unir os saberes relacionados à QSC com os princípios freirianos representa uma oportunidade de fortalecer a formação cidadã, ética e transformadora no ensino de Ciências. O artigo de Santos (2008) explicita como uma educação científica inspirada em Paulo Freire, resgata o caráter político do ensino de CTS colocando no centro a justiça social e a problematização de relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Fala-se hoje, com insistência, no professor pesquisador. No meu entender o que há de pesquisador no professor não é uma qualidade ou uma forma de ser ou de atuar que se acrescente à de ensinar. Faz parte da natureza da prática docente a indagação, a busca, a pesquisa. O que se precisa é que, em sua formação permanente, o professor se perceba e se assuma, porque professor, como pesquisador (Freire, 2021, 28).

Portanto, seu trabalho é fundamental para cultivar indivíduos com pensamento independente e crítico como parte vital da educação que promove a reflexão e o protagonismo estudantil. Conseqüentemente, essas discussões propostas por Freire são fundamentais para o tema que queremos examinar sob a lente da educação CTS, uma relação já estabelecida no contexto da pesquisa em ensino de ciências no Brasil (Santos, 2008).

Para lidar com as questões complexas da produção de cana-de-açúcar e suas implicações sociais, de gênero e raciais, integrando a abordagem dialógica de Paulo Freire, tanto o professor quanto os alunos são necessários. Um diálogo, do ponto de vista daqueles que estão atualmente nesse processo, pode trazer à tona as condições específicas de trabalho a que as pessoas estão sujeitas, as desigualdades históricas e as relações de poder que moldam a cana-de-açúcar, permitindo que essa compreensão integrada supere a noção ou mesmo a mera comunicação de informações. A prática educacional adota esse modo de ação dialógica, onde as perspectivas dos trabalhadores, particularmente aqueles na interseção de gênero e raça, são reconhecidas e valorizadas, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa e equitativa (Freire, 2021).

Paulo Freire afirma a necessidade da consciência crítica, da conversa e da participação ativa no processo de ensino-aprendizagem. A educação deve incentivar os alunos a pensar criticamente, considerar o contexto social dos alunos e promover a aprendizagem baseada no diálogo e na transformação. Portanto, como mencionado acima, o professor não deve ser um mero transmissor de conteúdo, mas um facilitador que ativa a autonomia e o protagonismo nos alunos, valida seus conhecimentos prévios e culturais, e então reconhece e apoia o conhecimento dos alunos. Estes são princípios fundamentais para o desenvolvimento integrado e crítico de indivíduos que podem desenvolver as habilidades para agir em prol de uma forma de vida mais justa e sustentável; estes são fundamentais para abordar questões ambientais, sociais e econômicas.

Paulo Freire (2021), em sua obra “Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa”, destaca a educação como um processo básico que leva ao desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico em nossa sociedade. Para ele, a educação pertence ao mecanismo de libertação da consciência, que deve elevar a consciência da experiência vivida e apoiar essa transformação da realidade em transformação ativa e reflexiva. Freire, nesse sentido, apresenta a educação como uma forma de prática acolhedora e apreciativa para a diversidade, um hábito de vida que exige diálogo mútuo entre professores e alunos. Essa visão busca valorizar a experiência de vida de cada pessoa como valiosa e promover a escuta ativa e o engajamento na reflexão crítica sobre as desigualdades na vida. Essa recomendação baseia-se em como a formulação de Freire do respeito mútuo como princípio pedagógico coloca ênfase na luta contra a dominação das opressões passadas, favorecendo, portanto, a resistência à repressão, assim dando credibilidade à busca de resistência comunitária à dominação e às circunstâncias de exclusão.

Nancy Fraser aborda a justiça social a partir de uma perspectiva que une a redistribuição econômica e o reconhecimento cultural, destacando a necessidade de uma transformação estrutural que contemple ambos os aspectos. Fraser critica a separação entre as lutas por redistribuição e reconhecimento, apontando que essa dicotomia representa uma falsa oposição. Ela observa que, atualmente, muitos atores políticos afastam-se de um imaginário socialista, centrado na redistribuição, para um imaginário “pós-socialista”, que prioriza o reconhecimento como o principal problema da justiça (Fraser, 2022). Sua reflexão reforça a importância de transformar as condições estruturais, articulando tanto a superação das desigualdades econômicas quanto do desrespeito às identidades e à diversidade, elementos igualmente presentes na formação emancipatória defendida por Freire.

Nancy Fraser crítica a separação entre dimensões econômicas e culturais da justiça, reforçando a necessidade de abordagens integradas, uma ideia que se conecta diretamente com discussões sobre justiça social, gênero, raça e economia.

O resultado é a dissociação de política cultural e política social, bem como um relativo eclipse desta por aquela. [...] Juntas, essas respostas constroem o que parece ser uma escolha inevitável: política de classe ou política de identidade? Política social ou política cultural? Igualdade ou diferença? Redistribuição ou reconhecimento? A implicação é que essas alternativas excluem umas às outras, que temos de escolher entre igualdade social ou multiculturalismo, e que redistribuição e reconhecimento não podem ser combinados. Essas alternativas, sustento, são falsas antíteses, as quais questiono ao longo deste livro (Fraser, 2022, p. 17-18).

A autora mostra como as transformações do capitalismo e o avanço do neoliberalismo contribuíram para fragmentar as lutas sociais, deslocando o foco das reivindicações econômicas para as demandas por reconhecimento cultural. Fraser argumenta que essa separação entre redistribuição e reconhecimento enfraquece ambas as causas e precisa ser superada para que se avance em direção à justiça social.

No contexto das discussões sobre justiça social, torna-se indispensável compreender as múltiplas dimensões das injustiças produzidas pelo capitalismo contemporâneo. As transformações econômicas e políticas recentes acentuaram a necessidade de analisar como desigualdades econômicas, racismo, sexismo e outras formas de opressão cultural estão profundamente entrelaçadas. Nesse sentido, é fundamental superar abordagens que tratam economia e cultura como esferas separadas, reconhecendo que ambas se articulam na produção e reprodução das injustiças sociais. Segundo a autora: “Dessa forma, ambos se esquivam do que entendo ser as tarefas ‘pós-socialistas’ mais importantes: primeiro, interrogar a distinção entre cultura e economia; segundo, compreender como ambas se coadunam na produção e reprodução da injustiça social” (Fraser, 2022, p. 18). Essa visão

destaca a necessidade de uma resposta política coesa que seja capaz de desafiar a complexidade das opressões em sociedades marcadas por múltiplas formas de exclusão.

A justiça social é melhor compreendida como um equilíbrio entre as dimensões econômicas, culturais e políticas das desigualdades, equilibradas umas contra as outras sem privilegiar nenhuma delas. A fragmentação das lutas sociais que parecem se concentrar na natureza redistributiva do sistema econômico, no reconhecimento entre seus membros da sociedade de suas identidades, ou meramente de sua representação no governo e na organização social, simplesmente não pode resolver a complexa realidade da injustiça contemporânea (Fraser, 2022, p. 25). Assim, políticas públicas, movimentos sociais e análises críticas precisam visar soluções que promovam a justiça econômica, o respeito pela diversidade cultural e o alargamento da participação na democracia simultaneamente. Somente dessa forma pode haver progresso para uma sociedade verdadeiramente justa, que possa enfrentar as várias opressões e exclusões que atualmente enfrentamos (Fraser, 2022).

A justiça social de Nancy Fraser baseia-se na necessidade de uma ideia mais ampla de justiça social, em que não queremos apenas que as pessoas recebam de volta dinheiro ou respeito pelas identidades culturais, mas algo mais do que isso. Como argumenta a autora, “a justiça, portanto, não pode ser reduzida apenas à redistribuição de recursos ou ao reconhecimento de identidades, mas deve envolver a superação simultânea da privação econômica e da desvalorização cultural” (Fraser, 2022, p. 27). Sob este ponto de vista, vemos que a opressão econômica e cultural estão todas relacionadas e não podem ser abordadas isoladamente. Segundo Fraser, é fundamental engajar esses aspectos em políticas e comportamentos emancipatórios, de modo que incorporem tanto a justiça material e a igualdade quanto a dignidade e a diversidade entre outros grupos sociais. Assim, a justiça social está centrada em como combinar essas dimensões e em adotar uma intervenção holística e eficaz contra a multiplicidade de modos de marginalização encontrados nas sociedades modernas.

A dimensão da representação política ocupa um papel fundamental na teoria da justiça social de Nancy Fraser, especialmente ao repensar a esfera pública e os processos democráticos. Para Fraser, não basta assegurar a redistribuição econômica e o reconhecimento cultural se grandes parcelas da população continuam excluídas dos espaços de deliberação e decisão coletiva. Ela destaca que a justiça social requer a ampliação da participação política, garantindo que grupos historicamente marginalizados tenham suas vozes efetivamente ouvidas e levadas em consideração nas decisões públicas. Conforme afirma: “repensar a esfera pública significa também questionar quem está incluído nos processos de deliberação e

decisão coletiva, reconhecendo que a exclusão política é uma dimensão fundamental da injustiça social” (Fraser, 2022, p. 93). Assim, a inclusão democrática configura-se como um pilar essencial para a construção de uma sociedade mais justa, na qual todos possam exercer plenamente sua cidadania e influenciar os rumos das decisões que impactam suas vidas.

Com isso, obtemos uma nova lente teórica: o livro "Justiça Interrompida" (2022) fornece a base para examinar e responder às injustiças de hoje, ele orienta a ação política e social em direção à realização da justiça social plena e, assim, rompe com o unilateralismo que fragmenta o debate atual, fortalecendo a articulação entre as dimensões econômica, cultural e política. Nancy Fraser cria um discurso crítico sobre a condição "pós-socialista", estendendo o discurso para incluir não apenas a redistribuição econômica, mas também o reconhecimento cultural e a participação política. Sua estratégia inclusiva transcende as divisões tradicionais e contribui para a construção de um projeto emancipatório que articula as diferentes frentes da justiça social, oferecendo uma base teórica sólida para enfrentar os desafios das lutas progressistas nos tempos contemporâneos.

Enquanto Nancy Fraser enfatiza a importância da redistribuição e do reconhecimento para a justiça social, Aimé Césaire pode ser compreendido para aprofundarmos esta discussão ao revelar as raízes coloniais da exclusão e da opressão. Ele afirma: “E digo que, da colonização à civilização, a distância é infinita; que, de todas as expedições coloniais acumuladas, de todos os estatutos coloniais elaborados, de todas as circulares ministeriais despachadas, não sobraria um único valor humano” (Césaire, 2020, p. 11). Essa reflexão mostra que o discurso da civilização, usado para justificar a expansão da monocultura da cana-de-açúcar, na verdade escondia práticas constantes de exploração e opressão. Desse modo, ao abordar a história da cana-de-açúcar no ensino de ciências, é fundamental problematizar como o colonialismo não promoveu valores humanos, mas sim perpetua desigualdades e violências que ainda ecoam nas estruturas sociais e econômicas atuais.

O desenvolvimento da monocultura da cana-de-açúcar no Brasil colonial e na América Latina esteve marcado por violência e exploração, sustentadas por práticas econômicas e avanços tecnológicos que beneficiavam exclusivamente as metrópoles europeias. “Entre 1540 e 1570 ocorreu o auge da escravidão indígena nos engenhos brasileiros, até a proibição legal pela coroa portuguesa. Após isso, o trabalho indígena continuou sendo assegurado por meio de aculturação, destribalização promovida por ordens religiosas e inserção dos indígenas como trabalhadores assalariados” (Rodrigues; Ross, 2020, p 48-49). De acordo com o Césaire,

Mas eu falo de economias naturais, economias harmoniosas e viáveis, economias na medida do homem indígena que foram desorganizadas, culturas alimentares destruídas, subnutrição instalada, desenvolvimento agrícola orientado para o benefício único das metrópoles, roubo de produtos, roubo de matérias-primas (Césaire, 2020, p. 23).

Este trecho revela que ciência e tecnologia, em vez de beneficiar as populações locais, serviram para fortalecer um sistema colonial de expropriação e opressão.

No entanto, a mecanização dos engenhos apenas aumentou a produção de cana-de-açúcar, facilitando ainda mais as práticas de trabalho escravo, uma violência estrutural no cerne da história do açúcar no Brasil. A relação entre o conhecimento técnico, a dominação do colonialismo e as consequências sociais e ambientais é fundamental ao discutir a história da cana-de-açúcar na educação científica. Como observa Césaire, "Eles me falam de civilização, eu falo de proletarização e mistificação" (Césaire, 2020, p. 23). Mesmo com a mecanização da colheita, os desafios trabalhistas na cultura da cana-de-açúcar permanecem, pois as máquinas diminuem o esforço físico, mas a jornada de trabalho continua cansativa e acompanhada de perigo para a saúde dos trabalhadores.

A mecanização no processo de corte de cana-de-açúcar criou uma transformação marcante nas condições de trabalho dos trabalhadores rurais. Embora isso seja importante porque reduz a quantidade de trabalho manual fisicamente extenuante (corte com facão sob calor extremo), também faz com que um grande número de cortadores tradicionais percam seus empregos. Embora também existam sérios problemas relacionados à exploração do trabalho, como longas jornadas de trabalho, condições de trabalho perigosas e até casos de trabalho análogo à escravidão (tanto no trabalho manual quanto no trabalho com máquinas). Essa dualidade enfatiza que, independentemente dos avanços na agroindústria da cana-de-açúcar, deve-se observar uma certa sensibilidade no sentido de que a dignidade humana e os direitos dos trabalhadores não devem ser comprometidos e a mecanização em si não implica apenas na substituição dos esforços humanos por máquinas sem melhorar substancialmente as condições de trabalho (Gomes, 2024).

A relação entre racismo, trabalho e desigualdade é essencial para analisar as bases sociais herdadas do colonialismo. Aimé Césaire destaca que "a colonização europeia adicionou o abuso moderno à antiga injustiça; o racismo odioso à velha desigualdade" (Césaire, 2020, p. 27), evidenciando como o sistema colonial não apenas explorou economicamente os povos colonizados, mas também instituiu um racismo estrutural que legitimou essa exploração. No contexto da monocultura da cana-de-açúcar, a mão de obra negra foi submetida a condições degradantes e desiguais, perpetuando uma divisão social

marcada pela opressão racial e econômica. Por isso, discutir racismo, trabalho e desigualdade é fundamental para entender as consequências históricas do colonialismo e suas implicações atuais, especialmente no ensino de ciências e nas políticas de inclusão social.

Segundo Césaire, a ideia de que o Estado deve preservar “os elementos originais da raça” revela a lógica colonial que hierarquiza culturas e justifica a dominação de povos considerados inferiores” (Césaire, 2020, p. 55). Essa visão influenciou o desenvolvimento do conhecimento científico na colonização, centrando o ensino de ciências nos saberes europeus e excluindo tradições indígenas e africanas. O legado colonial no ensino de ciências mantém essa exclusão e precisa ser transformado. Abordar esses temas no ensino favorece uma educação crítica, que reconhece o papel da ciência tanto no progresso quanto na perpetuação de injustiças.

Com isso, Aimé Césaire (2020), em *Discurso sobre o colonialismo*, crítica a relação entre colonização, racismo e dominação, denunciando a hipocrisia do discurso civilizatório que justificava a exploração e opressão dos colonizados. Ele mostra como o colonialismo destruiu culturas, desumanizou povos e impôs uma visão eurocêntrica que excluía outros saberes e formas de existência. Dentro do contexto CTS e do ensino de ciências, o livro é primordial para questionar o legado colonial presente na ciência e na educação. Mostrando que a ciência não é neutra, mas usada para legitimar hierarquias e marginalizar saberes não europeus. Possibilitando um ensino crítico que reconheça a ciência como fenômeno social e político, promovendo uma educação reflexiva, plural e consciente das desigualdades históricas.

Frantz Fanon (2008) analisa o colonialismo como um sistema que desumaniza o colonizado, impondo-lhe uma identidade inferior por meio de discursos científicos e racistas que naturalizam a desigualdade e reforçam a dominação. Essa desumanização se manifesta na negação da cultura, da linguagem e da epistemologia do colonizado, que são substituídas por uma visão eurocêntrica que exclui saberes locais e impõe um olhar opressor. A construção histórica do racismo serve para justificar essa opressão, apresentando o colonizado como um ser menos humano e moralmente inferior, o que gera um complexo de inferioridade internalizado e uma dupla consciência marcada pelo sofrimento psíquico.

Entretanto, Fanon também destaca a resistência como resposta a essa condição, enfatizando a importância da afirmação da identidade, do corpo e da cultura do colonizado como formas de luta contra a dominação colonial (Fanon, 2008). Essa resistência não é apenas física, mas também simbólica e epistemológica, envolvendo a reconstrução da subjetividade e a crítica ao conhecimento colonial. O enfrentamento ao racismo e à

desumanização implica derrubar as hierarquias impostas, promovendo a valorização da experiência e do saber do colonizado e criando condições para a emancipação e a ressignificação da identidade. Fanon e Arruzza, Fraser e Bhattacharya autoras do livro de 2019 “feminismo para os 99%,” embora em contextos diferentes, questionam as hierarquias sociais e defendem a valorização das vozes historicamente marginalizadas, compartilhando o propósito de transformação social, reunindo diferentes experiências de opressão na busca comum por liberdade e dignidade.

Descobrimos que aproximar Fanon das reflexões de Arruzza, Fraser e Bhattacharya, autores do feminismo para os 99%, os vários contextos teóricos e históricos nos quais essas referências se sobrepõem, pode ser iluminado pela forma como convergem para criticar hierarquias que naturalizam a exploração de grupos racializados, da classe trabalhadora e de gênero. Em Fanon, a denúncia da violência colonial e a produção de subjetividades inferiorizadas revelam como o racismo estrutura a ordem social e desumaniza os povos colonizados. Este último enfatiza que o feminismo para os 99% articula a relação entre capitalismo, patriarcado e racismo, e insiste que as vozes das mulheres, pessoas racializadas³, migrantes e trabalhadores precários sejam centrais nas lutas políticas. O texto conecta essas contribuições em diálogo da mesma forma e estabelece a ideia do que elas têm a oferecer, um compromisso inclusivo com uma revisão radical das condições de vida, integrando várias experiências de opressão como uma busca conjunta por liberdade, dignidade e a reconstrução coletiva do mundo social.

Arruzza, Fraser e Bhattacharya, (2019) avançam uma visão de feminismo que transcende as demandas de “apenas feminismo” como sendo exclusivas de “questões femininas” e se abre para todos aqueles que são explorados, dominados e oprimidos. Como elas dizem, esse feminismo representa a melhoria da maioria, que inclui mulheres pobres, racializadas, migrantes, queer, trans, com deficiência e da classe trabalhadora, rotineiramente exploradas mesmo quando são encorajadas a se verem como pertencentes à “classe média”. Como elas apontam: “Recusando-se a sacrificar o bem-estar da maioria para proteger a liberdade da minoria, luta pelas necessidades e direitos da maioria [...] É por isso que o chamamos de feminismo para os 99%” (Arruzza; Fraser; Bhattacharya, 2019, p. 41). Essa abordagem foca na relação entre gênero, classe, raça e outras formas de opressão, propondo um feminismo inclusivo e transformador.

³ Frantz Fanon, em “Pele negra, máscaras brancas”, mostra que o colonialismo produz sujeitos racialmente inferiorizados ao tratar a raça como construção social e histórica que marca e hierarquiza determinados grupos por meio de processos de racialização, sobretudo em contextos coloniais e capitalistas.

Além disso, as autoras discutem como o capitalismo está intrinsecamente ligado à violência racista e colonial, uma relação que se manifesta historicamente desde o nascimento do sistema capitalista. Ela destaca que a violência contra mulheres escravizadas e colonizadas, incluindo o estupro, é uma expressão dessa opressão estrutural (Arruzza; Fraser; Bhattacharya, 2019, p. 59). A classe trabalhadora, especialmente as mulheres, sofre múltiplas formas de violência e exploração, reforçando a necessidade de um feminismo que seja antirracista e anti-imperialista. Na Tese 8, Fraser afirma categoricamente que “o capitalismo nasceu da violência racista e colonial” e que o feminismo para os 99% deve enfrentar essas dimensões para ser efetivamente emancipatório (Arruzza; Fraser; Bhattacharya, 2019, p. 69, 80). Essa perspectiva amplia a compreensão das lutas feministas, incorporando as complexas interações entre raça, gênero e economia política.

Nesse mesmo sentido, Lélia Gonzalez (2020), em “Por um feminismo afro-latino-americano”, propõe uma reflexão crítica sobre o lugar da mulher negra nas estruturas sociais e nos movimentos feministas. Sua análise evidencia como o racismo e o sexismo se articulam na construção das desigualdades, ressaltando a importância de reconhecer as especificidades do feminismo produzido na América Latina. Ao propor o conceito de “amefricanidade”, Gonzalez reivindica uma identidade política e cultural que valoriza as raízes africanas e indígenas da região, contribuindo para um feminismo verdadeiramente decolonial e plural. O pensamento de Lélia Gonzalez segue fundamental para compreender e combater as desigualdades no Brasil ao analisar, de forma crítica, como o patriarcado e o racismo estruturam a sociedade e marcam as experiências das mulheres negras e indígenas. Sua proposta de um feminismo afro-latino-americano denuncia o mito da democracia racial, desafia o racismo por denegação e destaca a urgência de uma luta antirracista genuína, capaz de valorizar saberes ancestrais e propor novos caminhos de igualdade e solidariedade (Souza, 2024).

Aimé Césaire, em seu Discurso sobre a Negritude (2010), apresenta uma crítica profunda às formas de opressão e desumanização vivenciadas pelos povos negros, ressaltando a importância do reconhecimento da identidade e da valorização cultural como processos essenciais para a emancipação e a justiça social. Essa obra fundamenta a compreensão das dimensões sócio-históricas que envolvem grupos marginalizados, contribuindo para a ampliação da análise crítica no ensino de ciências quando abordado sob a perspectiva CTS. No contexto da cultura da cana-de-açúcar, a reflexão césairiana permite problematizar as relações históricas de exploração e exclusão social presentes nesse setor, enriquecendo a

discussão sobre os dilemas socioambientais e estimulando uma educação que valorize a justiça social, a diversidade e a consciência crítica dos estudantes.

De modo semelhante, Conceição Evaristo, em Ponciá Vicêncio (2020), também explora as marcas deixadas pelo racismo e pela desigualdade social na constituição da subjetividade negra. Sua escrita de “escrevivência” transforma experiências individuais em narrativas coletivas de resistência, denunciando as feridas do colonialismo e do patriarcado na vida cotidiana. Assim como Césaire, Evaristo propõe a valorização da memória e da ancestralidade como caminhos de cura, reexistência e afirmação identitária. Nesse percurso, a obra de Carolina Maria de Jesus, Quarto de despejo (1960), revela com urgência e sensibilidade a realidade das populações marginalizadas nas periferias urbanas. Ao narrar seu cotidiano de fome e exclusão, Carolina denuncia as contradições sociais e raciais do Brasil, elevando à literatura vozes historicamente silenciadas. Sua escrita testemunhal se torna uma forma de resistência, evidenciando como a desigualdade socioeconômica e o racismo estruturam as condições de vida das mulheres negras.

A peça *"La Tragédie du roi Christophe"*, escrita por Aimé Césaire e dirigida por Christian Schiaretti, retrata o período pós-independência do Haiti, centrando-se na figura histórica de Henri Christophe, ex-escravo que se autoproclamou rei da parte norte do país. A obra dramatiza as tensões políticas e sociais que marcaram a construção do Estado haitiano, evidenciando a transformação do líder revolucionário em governante autoritário e os dilemas enfrentados na busca por soberania real. Por meio do uso de elementos históricos e culturais, como o vodu haitiano e a linguagem crioula, Césaire promove uma reflexão crítica sobre os desafios da descolonização e da política pós-independência nas sociedades que romperam com o colonialismo (Césaire; Schiaretti, 1970). Processos sociopolíticos e históricos moldam o conhecimento e as estruturas sociais. Em CTS, entender a descolonização e conflitos pós-independência é essencial para analisar relações entre ciência, tecnologia e sociedade, especialmente em termos de poder e resistência.

A educação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) se configura como o elo fundamental que une diversas perspectivas críticas e emancipatórias, promovendo uma formação científica que transcende a simples transmissão de conteúdos para engajar os estudantes na compreensão das complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Conforme Santos e Auler (2011), a educação CTS busca desenvolver uma postura crítica e reflexiva, fundamentada em valores como justiça social, solidariedade e responsabilidade, que possibilitam a participação ativa dos indivíduos na transformação de sua realidade. Essa abordagem dialoga diretamente com as ideias de Paulo Freire sobre autonomia e

ação-reflexão-ação, reforçando a necessidade de uma educação que forme sujeitos críticos, capazes de intervir nos processos sociais e tecnológicos de maneira consciente e democrática.

Essa visão crítica e interdisciplinar do ensino de ciências pode ser ampliada ao dialogar com as reflexões de autores como Nancy Fraser, Lélia Gonzalez, Conceição Evaristo, Carolina Maria de Jesus, Frantz Fanon, Aimé Césaire e o feminismo para os 99% de Arruzza, Bhattacharya e Fraser. Fraser destaca a importância de um feminismo que luta pelos direitos da maioria oprimida, incluindo mulheres racializadas, migrantes e da classe trabalhadora, e que se posiciona contra as estruturas capitalistas, racistas e coloniais que também são criticadas por Fanon e Césaire em seus estudos sobre desumanização, racismo e colonialismo. Integrar essas perspectivas à educação CTS permite ampliar o debate sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, incluindo as dimensões de raça, gênero, classe social e poder, fortalecendo uma educação científica comprometida com a justiça social, a diversidade e a emancipação dos sujeitos historicamente marginalizados.

O estudo de Lopes *et al.* (2009) sobre as tendências do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) em eventos nacionais de Ensino de Ciências destaca a importância crescente dessa abordagem para a formação crítica dos estudantes. Ao enfatizar a necessidade de integrar conhecimentos científicos com suas implicações sociais, políticas e ambientais, a pesquisa reforça que o ensino orientado pela perspectiva CTS promove reflexões que vão além do conteúdo técnico, estimulando o desenvolvimento de uma consciência crítica diante dos dilemas socioambientais. Essa compreensão é fundamental para responder à questão norteadora deste trabalho, pois evidencia como a temática da cultura da cana-de-açúcar, ao ser articulada com a abordagem CTS, pode contribuir para contextualizar o ensino de ciências, ampliando a capacidade dos estudantes de analisar criticamente os impactos socioambientais dessa importante cultura agrícola no Brasil.

Ademais, a educação CTS oferece um espaço privilegiado para integrar as contribuições de autores como Nancy Fraser, Frantz Fanon e Aimé Césaire, que abordam as dimensões de raça, gênero, colonialismo e opressão estrutural. Ao incorporar essas reflexões, o ensino de ciências sob a ótica CTS amplia o debate sobre as injustiças sociais e ambientais, promovendo uma visão interdisciplinar que reconhece as múltiplas formas de desigualdade e resistência. Assim, a educação CTS torna-se um instrumento potente para a construção de uma sociedade mais justa e inclusiva, onde o conhecimento científico é mobilizado para enfrentar os desafios contemporâneos, valorizando a diversidade cultural, o pensamento crítico e a participação social ativa.

Lopes (2010) ressalta que o trabalho com questões sociocientíficas no ensino de ciências, a partir de uma abordagem crítica, promove o desenvolvimento formativo dos alunos ao incentivá-los a refletir sobre temas que permeiam as dimensões científica, social e ética. Essa prática favorece a construção de uma visão crítica e participativa, possibilitando que os estudantes compreendam as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. No âmbito desta pesquisa, tal abordagem evidencia a importância de abordar a cultura da cana-de-açúcar como um tema sociocientífico, ampliando a compreensão dos alunos acerca dos desafios socioambientais envolvidos e fortalecendo sua formação crítica e cidadã na área de ciências.

Nesse contexto, as Questões Sociocientíficas (QSC) complementam a abordagem CTS, ao trazerem para o ensino de ciências temas controversos e complexos que exigem dos estudantes não apenas conhecimento técnico, mas também reflexão ética, política e social. As QSC estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico e da argumentação fundamentada, preparando os alunos para tomar decisões conscientes diante de dilemas reais que envolvem ciência, tecnologia e sociedade. Dessa forma, a integração das QSC no ensino CTS fortalece a formação de cidadãos capazes de compreender as interconexões entre ciência e sociedade, promovendo uma educação científica comprometida com a justiça social, a sustentabilidade e a inclusão, especialmente relevante em contextos latino-americanos marcados por desigualdades históricas e desafios ambientais.

5. METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA DE CONSTITUIÇÃO DE DADOS

Temos como questão central que guia nossa pesquisa: Como a temática da cultura da cana-de-açúcar pode contribuir para o ensino de ciências orientado às relações CTS, ampliando a formação crítica dos estudantes sobre dilemas socioambientais?

Para isso, foi imprescindível reunir os materiais, estruturá-los corretamente e proceder à sua análise, utilizando uma metodologia relevante. A comunidade científica reconhece e divulga novos conhecimentos por meio da comunicação da pesquisa, na qual eventos, periódicos e a defesa de dissertações e teses desempenham papel essencial. Nessas etapas, trabalhos são avaliados por outros pesquisadores que, quando aprovados, asseguram que o conhecimento gerado seja considerado relevante para a área, contribuindo assim para o progresso científico. A revisão sistematizada possibilita a aplicação rigorosa de critérios de

seleção, avaliação crítica e análise interpretativa dos conteúdos, promovendo uma síntese integrada dos conhecimentos disponíveis sobre o tema, conforme discutido em metodologias de pesquisa em educação e ciências (Milaré, 2013).

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza bibliográfica, fundamentada nos princípios da revisão bibliográfica sistematizada e também na análise/pesquisa documental. Conforme Rodrigues e Neubert (2023), essa metodologia privilegia a análise criteriosa e sistemática das produções acadêmicas pré-existentes, permitindo compreender o estado da arte acerca da problematização das temáticas raça, classe e gênero no ensino de Ciências sob a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). A revisão bibliográfica consiste em reunir, interpretar e discutir criticamente os estudos existentes para contextualizar e embasar a pesquisa, enquanto que a pesquisa bibliográfica é o levantamento e análise de obras sobre determinado tema, construindo a base teórica que direciona o trabalho científico (Rodrigues; Neubert, 2023). Enquanto que a pesquisa documental são materiais mais diversificados e que ainda não receberam tratamento analítico, embora siga os mesmos passos da pesquisa bibliográfica (GIL, 2002).

A pesquisa se desenvolveu no Portal de Periódicos CAPES, SciELO, Google Acadêmico, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), em acervos digitais de universidades do Brasil e páginas de entidades governamentais. Para tanto, usamos cruzamentos dos termos “cana-de-açúcar”, “setor sucroenergético”, “ensino de ciências”, “CTS/CTSA”, “questões sociocientíficas”, “justiça social”, “trabalho escravo”, “trabalho precarizado”, “raça”, “racismo”, “gênero” e “classe social”. Consideramos textos em português, espanhol e inglês, lançados de 2005 a 2025, que tratassem da cana e/ou do setor sucroenergético ligados a temas como trabalho, meio ambiente, raça, gênero e classe, e também pesquisas sobre ensino de Ciências e a perspectiva CTS/CTSA focadas em justiça social. Deixamos de lado os estudos que não conversavam com o ensino de Ciências ou com a análise de desigualdades socioambientais, assim como conteúdos puramente técnicos sobre plantio de cana ou bioenergia sem uma avaliação crítica de seus efeitos na sociedade.

Para fins de análise, em seu livro, Bardin (1977), mostra que o objetivo da análise documental é a representação condensada da informação, para consulta e armazenagem;

O que é a análise documental? Podemos defini-la como «uma operação ou um conjunto de operações visando representar o conteúdo de um documento sob uma forma diferente da original, a fim de facilitar num estado ulterior, a sua consulta e referência» (31). Enquanto tratamento da informação contida nos documentos acumulados, a análise documental tem por objetivo dar forma conveniente e representar de outro modo essa informação, por intermédio de procedimentos de

transformação. O propósito a atingir é o armazenamento sob uma forma variável e a facilitação do acesso ao observador, de tal forma que este obtenha o máximo de informação (aspecto quantitativo), com o máximo de pertinência (aspecto qualitativo). A análise documental é, portanto, uma fase preliminar da constituição de um serviço de documentação ou de um banco de dados (Bardin, 1977, p. 45-46).

No foco desta investigação, foi constituído um dossiê de artigos acadêmicos, livros, relatórios, reportagens e notícias selecionados que articulam o ensino da cana-de-açúcar sob a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), privilegiando a análise das discussões acerca de raça, classe e gênero. Para a construção do corpus, deu-se prioridade a trabalhos que contemplam a interdisciplinaridade e as questões sociocientíficas e culturais presentes no contexto do ensino de Ciências, conforme metodologia proposta na pesquisa em ensino de química segundo Milaré (2013), que destaca a relevância do enfoque crítico-fleckiano para análise da produção acadêmica na área educacional.

O processo analítico dos artigos deste estudo foi realizado por meio de uma abordagem qualitativa, visando não só descrever o conteúdo, mas também problematizar a forma como esses estudos abordam ou ignoram as questões de raça, classe e gênero no ensino de Ciências. As principais obras que subsidiaram a análise foram: Césaire (2020), Césaire (2010), Césaire; Schiaretti (1970), Fanon (2008), Fraser (2022), Freire (2021), Gonzalez (2020), Evaristo (2020) e Jesus (1960). A escolha dessas referências proporcionou um exame crítico dos desafios presentes no ensino de Ciências sob o enfoque CTS. Por meio desse processo analítico, foi possível explorar dimensões centrais da literatura, como a historicidade das relações sociais marcadas pelo colonialismo, os mecanismos de exclusão e desigualdade de raça e classe, a constituição de identidades críticas e a abordagem de questões socioambientais, contribuindo para uma compreensão aprofundada dos caminhos pedagógicos e das possibilidades de transformação social atreladas ao ensino de Ciências.

Além disso, este estudo inclui a análise de dados estatísticos sobre a produção de cana-de-açúcar e seus impactos ambientais, permitindo uma análise contextualizada e crítica. Com base em estudos como os de Borges *et al.* (2020) e Kitada *et al.* (2010), são considerados os efeitos ambientais da queima da cana e o manejo agrícola, ressaltando a urgência de práticas sustentáveis no setor sucroenergético. Também são examinados casos de sucesso na aplicação da abordagem CTS em contextos educacionais (Carvalho, 2012; Azambuja Maraschin; Lindemann, 2023), buscando estratégias eficazes para incorporar essa perspectiva no ensino de Ciências. Essa metodologia possibilita uma reflexão profunda sobre

os aspectos sociocientíficos da cana-de-açúcar e sua relevância para a educação crítica em Ciências (Freire, 2021; Fanon, 2008; Césaire, 2020).

Interpretar e analisar a cultura da cana-de-açúcar à luz da perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) é essencial para desmantelar tanto os discursos históricos quanto os sociopolíticos sobre a cultura da cana-de-açúcar, conforme delineado em "Discurso sobre o Colonialismo" (2020) e "Discurso sobre a Negritude" (2010) de Aimé Césaire. Tais obras demonstram as maneiras pelas quais os processos coloniais e raciais formaram as relações sociais e econômicas na América Latina, particularmente em setores produtivos como a indústria sucroalcooleira. Incorporar tais reflexões na educação científica ajuda os estudantes a perceber que a produção científica está situada dentro de contextos históricos, culturais e políticos, preparando o terreno para uma aprendizagem crítica e engajada (Césaire; Schiaretti, 1970).

Este dossiê oferece uma análise da interação entre raça, gênero e trabalho na indústria sucroenergética, podendo contribuir para o debate entre a questão da justiça social e sustentabilidade. A escravidão contemporânea é um tema principal, pois é pertinente ao estado atual da produção de cana-de-açúcar. A seleção de material foi baseada nos critérios de relevância, atualidade e diversidade de perspectivas presentes em estudos e pesquisas acadêmicas, incluindo reflexões sobre trabalhadores rurais, movimentos sociais, políticas públicas e o setor produtivo. Atentar para raça, gênero, trabalho e sustentabilidade permite uma análise mais profunda das relações sociais e ambientais que permeiam a produção de cana-de-açúcar.

Portanto, a metodologia deste estudo apoia a coerência e a fundamentação da análise, ajudando no avanço da educação em Ciências, com base em uma perspectiva CTS inclusiva e interdisciplinar. Em resumo, os estudos analisados ampliam a perspectiva CTS além do aspecto técnico, ao focar nos desafios socioambientais relacionados à cultura da cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina e incorporando parcialmente reflexões críticas sobre as desigualdades sociais. Observa-se também um silêncio em relação à historicidade da produção científica e tecnológica associada à cana-de-açúcar, especialmente em sua relação com dinâmicas de dominação racial, patriarcal e de classe, o que pode enfraquecer o potencial transformador da educação CTS.

Apesar dessas limitações, destacam-se perspectivas promissoras que apontam para uma educação CTS comprometida com a justiça social e fundamentada na interseccionalidade como categoria analítica emergente. Essa abordagem permite compreender as múltiplas dimensões das desigualdades estruturais, como raça, classe e gênero, de forma articulada e

integrada, sem que se trate de uma visão subjetiva, mas de um referencial teórico consolidado. Além disso, essa perspectiva interpela e dialoga com as contribuições de Paulo Freire, enriquecendo as lutas contemporâneas contra as desigualdades estruturalmente enraizadas na região, promovendo um compromisso ético e pedagógico com a transformação social.

5.2 ANÁLISE DE DADOS

Para examinar os dados contidos neste dossiê, desenvolvemos uma abordagem de análise com base nas teorias de Freire, Fraser e Césaire, combinada com os métodos da Análise de Conteúdo de Bardin. Essa metodologia, seguindo os passos sugeridos por Bardin, possibilitou uma interpretação crítica dos materiais e a conexão com discussões atuais sobre o ensino de Ciências, sobretudo sob a perspectiva das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, abrangendo raça, classe e gênero.

O processo de análise seguiu três etapas principais:

Pré-análise: Para começar, preparei o dossiê sobre cana-de-açúcar, separando e escolhendo os materiais, a pesquisa se desenrolou no Portal de Periódicos CAPES, SciELO, Google Acadêmico, BDTD, além de páginas de universidades, instituições. Empreguei termos como "cana-de-açúcar", "setor sucroenergético", "ensino de Ciências", "CTS/CTSA", "questões sociocientíficas", "justiça social", "trabalho escravo", "trabalho precarizado", "raça", "racismo", "gênero" e "classe social", entre 2005 e 2025. Reuni materiais como artigos, teses, livros e vários documentos que conectassem a cana-de-açúcar e a indústria sucroalcooleira a questões como trabalho, o ambiente, questões raciais, de gênero e de classe, além de pesquisas no ensino de Ciências que priorizassem a justiça social, deixando de lado textos técnicos que não abordassem uma perspectiva social.

Exploração do material: Nesta fase, examinei detalhadamente os textos da pesquisa bibliográfica (artigos, teses e livros) e os documentos da pesquisa documental (currículos, relatórios, notícias e materiais de organizações), realçando trechos sobre cana-de-açúcar, condições de trabalho, impactos socioambientais e relações com raça, gênero e classe. A partir daí, codifiquei e agrupei as unidades de registro em temas, organizando um panorama sobre as relações de poder, exploração e tecnologia nos materiais.

Tratamento dos resultados e interpretação: As categorias dos textos e documentos foram comparadas e interpretadas com base em autores como Freire, Fraser, Césaire, Fanon e autores CTS/CTSA. Busquei entender como os discursos sobre a cana-de-açúcar criam e atualizam dinâmicas sociais, políticas e tecnológicas na América Latina. Isso me permitiu

identificar elementos que ajudam a entender a produção e circulação desses discursos e seu potencial para discutir, no ensino de Ciências, as desigualdades ligadas a trabalho, raça, gênero e ambiente.

A Análise de Conteúdo, enquanto técnica de “hermenêutica controlada” (Bardin, 1977, p. 9), possibilita ao pesquisador ir além da leitura superficial dos textos, promovendo uma “tarefa paciente de desocultação” dos sentidos latentes e das estruturas simbólicas que permeiam o material analisado. Dessa forma, a metodologia adotada contribui para uma compreensão crítica e aprofundada das múltiplas dimensões envolvidas no dossiê da cana-de-açúcar no contexto CTS.

O maior interesse deste instrumento polimorfo e polifuncional que é a análise de conteúdo, reside – para além das suas funções heurísticas e verificativas – no constrangimento por ela imposto de alongar o tempo de latência entre as intuições ou hipóteses de partida e as interpretações definitivas (Bardin, 1977, p. 9).

Ao longo dessa pesquisa, a análise dos dados foi conduzida com base nos conceitos de inferência, conforme abordados nos processos e variáveis essenciais para a interpretação dos resultados. Para isso, foi considerado o uso de pólos de análise que permitiram uma compreensão detalhada dos dados coletados, facilitando a identificação de padrões e relações significativas (Bardin, 1977, p.133).

O tema do estudo, "Dossiê da Cana-de-Açúcar no Brasil e na América Latina: Relações CTS para o Ensino de Ciências", exige uma abordagem que possibilite analisar a complexidade das interações entre ciência, tecnologia e sociedade no contexto agroindustrial da cana-de-açúcar. A metodologia de análise considerou, assim, a necessária articulação entre os processos observados e as variáveis que compõem esse cenário, possibilitando uma inferência consistente dos dados para compreender as manifestações e impactos dessas relações no ensino de ciências.

A partir da inferência dos dados, foi possível destacar as implicações sociais, tecnológicas e ambientais presentes no setor sucroalcooleiro, oferecendo subsídios para a reflexão crítica e a proposição de práticas pedagógicas integradas ao conhecimento CTS, conforme orientações de Bardin sobre a importância da inferência na análise de conteúdo (Bardin, 1977);

Estas inferências (ou deduções lógicas) podem responder a dois tipos de problemas:

- o que é que conduziu a um determinado enunciado?

Este aspecto diz respeito às causas ou antecedentes da mensagem;

- quais as consequências que um determinado enunciado vai provavelmente provocar? Isto refere-se aos possíveis efeitos das mensagens (por exemplo: os efeitos de uma campanha publicitária, de propaganda). (Bardin, 1977, p. 39).

Com isso, em diálogo com Bardin (1977), a inferência foi realizada na etapa final da análise de conteúdo, o que permitiu ir além da simples categorização, mas sim poder elaborar reflexões sobre o setor da cana-de-açúcar, bem como sugerir caminhos pedagógicos unidos à ciência, tecnologia e sociedade para que possam ser elaborados em sala de aula.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à questão norteadora da pesquisa, nosso objetivo é responder: Como a temática da cultura da cana-de-açúcar pode contribuir para o ensino de ciências orientado às relações CTS, ampliando a formação crítica dos estudantes sobre dilemas socioambientais?

A discussão dos resultados decorre da análise de um conjunto de 32 textos selecionados nas bases e repositórios descritos na metodologia (Portal de Periódicos CAPES, SciELO, Google Acadêmico, BDTD e repositórios institucionais), bem como de 11 documentos de natureza curricular, institucional e jornalística. Desse universo inicial, foram incluídos apenas os materiais que articulavam a cana-de-açúcar e/ou o setor sucroenergético a questões de trabalho, ambiente, raça, gênero e classe, em diálogo com o ensino de Ciências e com a abordagem CTS/CTSA, sendo descartados textos estritamente técnicos sobre cultivo ou bioenergia sem problematização de seus impactos sociais. A partir da leitura e codificação desse corpus, as unidades de registro foram agrupadas em categorias temáticas, que organizaram a discussão dos resultados e orientam a análise apresentada nas subseções a seguir.

Inicialmente, foram definidos eixos analíticos inspirados no referencial teórico (trabalho e exploração, impactos socioambientais, raça, gênero, classe e ensino de Ciências na perspectiva CTS/CTSA), que orientaram a leitura preliminar dos textos. A partir das leituras sucessivas e da codificação do material, esses eixos foram refinados e desdobrados em categorias temáticas, construídas de modo indutivo-dedutivo, na medida em que novos significados e recorrências eram identificados no corpus.

Categoria 1: aspectos sociotécnicos

O texto “Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores” de Aguiar e Souza (2014) nos mostra como essas questões aprofundam o ensino de Ciências ao promover discussões sobre monocultura, sustentabilidade e segurança alimentar, ligando conhecimento científico à realidade social e ambiental dos estudantes.

“Cortadores de cana e os (não) direitos” Moraes Silva (2008), esse estudo é importante para o ensino de ciências porque nos permite discutir através da produção de açúcar e etanol, como os trabalhadores viviam em situações precárias, juntando conteúdos de processos produtivos e questões sociais como a desigualdade em torno dessa monocultura.

“Trabalhadores livres e escravos: mestiçagem, trabalho e a construção de uma identidade “cabra”(Cariri Cearense, 1850-1900)” de Cortez (2013), relaciona a história da cana e o trabalho rural com a construção de identidades racializadas como a de “cabra”, possibilitando a relação entre o cultivo da cana, trabalho em campo e as questões de raça e classe. A exploração dos cortadores e suas desigualdades podem ser vinculadas com a educação CTS e antirracista.

“O trabalho no setor sucroenergético brasileiro no século XXI: uma análise a partir do RADAR-SIT” Silva (2025), ainda mostra as condições precárias e a exploração relacionadas à cana mesmo nos dias atuais, no ensino em ciências isso possibilita entender não apenas os processos tecnológicos envolvidos nessa monocultura, mas também os aspectos sociais, como condições de trabalhos e desigualdades, além dos assuntos científicos que possibilitam um debate humano em sala de aula.

“Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás” de Cunha (2021), esse estudo mostra como a cana-de-açúcar altera os espaços territoriais e as relações de trabalho. Em sala de aula, isso possibilita a discussão de questões de produção e energia da cana e também os meios de sustentabilidade que podem ser feitos nessas comunidades. Assim como o enfoque da educação CTS que pode mostrar a relação entre ambiente e sociedade.

A tabela que se segue resulta da pesquisa de Caumo et al. (2012), que examina a colheita manual da cana em relação ao gênero numa cidade do interior de São Paulo. As autoras revelam nesse estudo que os empregados mais produtivos geralmente são mais novos, têm mais instrução e trabalham há menos tempo, ao passo que os menos produtivos são mais velhos, menos escolarizados e mais experientes. A pesquisa igualmente aponta contrastes consideráveis entre os gêneros nesses aspectos, evidenciando que a idade exerce influência diferente na produção masculina, enquanto a vivência impacta a feminina.

Tabela 1: Características individuais dos trabalhadores de maior e menor produtividade inseridos no corte manual da cana-de-açúcar segundo sexo.

Tabela 1 – Características individuais dos trabalhadores de maior e menor produtividade inseridos no corte manual da cana-de-açúcar segundo sexo.

	Homens	Mulheres
Maior produtividade	500 metros/dia	300 metros/dia
	Idade: 22 anos	Idade: 41 anos
	Estado civil: Solteiro	Estado civil: Separada
	Raça/cor: Parda	Raça/cor: Branca
	Filhos: 0	Filhos: 0
	Tempo de estudo: 7 anos	Tempo de estudo: 8 anos
	Origem: Tocantins	Origem: Mirandópolis
	Trabalho na cana: 2 anos	Trabalho na cana: 10 anos
Menor produtividade	60 metros/dia	150 metros/dia
	Idade: 49 anos	Idade: 32 anos
	Estado civil: viúvo	Estado civil: Solteira
	Raça/cor: Negro	Raça/cor: Branca
	Filhos: 1	Filhos: 0
	Tempo de estudo: 0 anos	Tempo de estudo: 4 anos
	Origem: Alagoas	Origem: Mirandópolis
	Trabalho na cana: 29 anos	Trabalho na cana: 4 anos

Fonte: (Caumo *et al*, 2012, p. 191).

Os estudos reunidos nesta categoria convergem ao evidenciar que a cultura da cana-de-açúcar é um fenômeno sociotécnico, em que técnicas agrícolas, cadeias produtivas e inovações tecnológicas se articulam a relações de trabalho marcadas por exploração, desigualdades e disputas territoriais. Ao enfatizarem a precarização laboral, a reatualização de formas de escravização, a reconfiguração de identidades racializadas e os impactos socioambientais da expansão canavieira, esses trabalhos aproximam-se da perspectiva CTS/CTSA, ao mostrar que ciência e tecnologia nunca são neutras, mas atravessadas por interesses econômicos e estruturas de poder. Nesse sentido, as ideias convergem com as de Santos e Auler (2011), que apoiam um ensino de Ciências focado na análise das ligações entre ciência, tecnologia e sociedade. Acompanham também Fraser (2022), ao demonstrarem de que forma o capitalismo remodela as desigualdades de distribuição e de aceitação no cenário do cultivo da cana.

Categoria 2: cotidiano e sala de aula

Em “cana-de-açúcar no Brasil” Medeiros (2024), mostra a possibilidade no ensino de Ciências poder conectar o saber científico ao cotidiano dos alunos, promovendo a integração de conteúdos históricos, sociais, ambientais e tecnológicos que refletem a realidade brasileira.

“No mundo da cana-de-açúcar com o lápis na mão: Trajetórias escolares na Usina de Açúcar Bom Jesus (Cabo de Santo Agostinho/PE – 1990)” de Silva (2023), esse estudo ao trazer as falas de crianças que trabalham no meio sucroalcooleiro, possibilita em sala de aula a discussão e a problematização das desigualdades, trabalho infantil com as relações de poder envolvidas no setor da cana. Fortalecendo a relação CTS em sala a partir dessa relação de trabalho em campo.

“Abordagem CTS/CTSA no ensino de ciências da natureza: um módulo didático para o estudo de energia” de Silva (2022), no ensino de ciências este estudo proporciona a discussão com os estudantes sobre a expansão e modernização da cana no século XXI, os quais perpetuam nos dias atuais a precarização de trabalho, acidentes e situações análoga à escravidão, essa dinâmica alinha a abordagem CTS, já que os conteúdos de ciências são estudados juntos com as questões éticas e de justiça social.

“As questões sociocientíficas sobre a cana-de-açúcar como tema para o Ensino de Ciências como justiça social” de Gomes e Lopes (2025), mostram quando os professores trabalham QSC e Educação CTSA com a cana de açúcar em sala, podem compreender o caráter político das QSC e como ela tem potencial para formar alunos críticos combatendo discursos negacionistas por exemplo, reconhecendo também esse tema no Brasil e América Latina permitem a junção de conteúdos científicos com a justiça social.

Diante das investigações como as de Lizete Carvalho (2012) e dos pesquisadores Santos e Auler (2011) destacam que a formação de professores para uma educação CTS centrada em questões sociocientíficas é determinante para o sucesso dessas práticas no ensino de ciências. Esses autores indicam que o diálogo interdisciplinar e a problematização do contexto social e ambiental da cultura da cana-de-açúcar favorecem o desenvolvimento de atitudes críticas e a compreensão das complexas inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, ampliando a capacidade dos estudantes de atuarem como cidadãos conscientes e responsáveis.

Categoria 3: sustentabilidade

Em “A evolução e caracterização da atividade canavieira em países selecionados da América Latina” de Maiante (2011), evidencia que o panorama é importante para o ensino de Ciências, porque permite discutir temas atuais como sustentabilidade, impactos ambientais, biotecnologia e políticas públicas, promovendo a compreensão crítica sobre a produção agrícola e seus reflexos sociais e econômicos.

“Avaliação de impactos ambientais de diferentes sistemas de produção de cana-de-açúcar: convencional e conservacionista.” de Barrantes (2015), no ensino de

ciências, também permite a discussão com os alunos sobre as diferentes formas de manejo da cana, a fim de mostrar formas mais sustentáveis sem o uso de agrotóxicos nessa cultura, podendo reduzir os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida da comunidade, o que favorece uma abordagem CTS.

“A cana-de-açúcar permeando pelo centro de memória do instituto biológico” de D’Agostini *et al.* (2009), permite a problematização do meio da cultura da cana, com base nas evidências do uso de pesticidas e práticas degradantes nessa plantação que prejudicam o solo, a água, a biodiversidade e a saúde, em sala de aula pode apresentar alternativas biológicas e uma visão crítica sobre sustentabilidade.

“Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás” de Canabarro *et al.* (2023), em sala, permite trabalhar as questões da cana que envolvam políticas públicas, impactos ambientais e desigualdades entre países, além dos conteúdos técnicos de energia. Fornece as diferentes práticas de produção da Argentina, Brasil, Colômbia e Guatemala, que possuem problemas ambientais em comum.

“Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás” de Ulrich (2023), no ensino de ciências o próprio uso da palavra “sustentabilidade” no agronegócio da cana pode ser usada como uma problematização inicial com os alunos, gerando debates e controvérsias relacionadas a esse termo. Evidenciando as tensões nas empresas com a conservação ambiental, abrindo espaço para analisar quem se beneficia desse termo sustentável e quem são afetados por ela.

No relatório intitulado “SP – Cultivo da cana-de-açúcar segue sendo prejudicial à saúde e à vida dos trabalhadores” de (Mapa de conflitos Fiocruz), possibilita no ensino em ciências conectar conteúdos sobre solo, atmosfera, água, saúde e os impactos relacionados a monocultura da cana. Trabalhando esses dados dentro de sala, o enfoque CTS favorece a discussão das queimadas, o uso de agrotóxicos, doenças e acidentes nesse meio.

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil possui uma longa trajetória marcada por impactos ambientais, sociais e econômicos complexos que demandam análises interdisciplinares ancoradas na perspectiva CTS. Estudos indicam que a expansão dessa cultura tem contribuído para a degradação ambiental, como destacado por Borges *et al.* (2020) e Kitada *et al.* (2010), que mostram os efeitos da queima da cana na qualidade do ar e nos ecossistemas locais, agravando problemas como a poluição e o desequilíbrio microbiológico do solo (Evangelista *et al.*, 2013). Além disso, o cultivo intensivo afeta a biodiversidade e está diretamente implicado no desmatamento, conforme alerta o Greenpeace (2023).

Com relação à questão da destruição de pragas especialmente com referência às figuras de *Diatraea saccharalis* (Bortoli et al., 2005) e *Sphenophorus levis* (Casteliani, 2019) destaca o papel do manejo integrado e a criação de tecnologias agrícolas que mitigam o uso indiscriminado de pesticidas, um tema que também está conectado à discussão dos efeitos dos agrotóxicos no Brasil (Sousa; Gorri, 2019). Assim, a interação de diferentes contextos socioambientais, econômicos e educacionais sobre a cana-de-açúcar aponta para a necessidade de métodos educacionais que promovam o pensamento crítico e a educação cívica, mostrando que Ciência, Tecnologia e Sociedade estão inter-relacionadas no processo de compreensão e transformação da produção brasileira.

Silveira Castro *et al.* (2020) também destacam os impactos ambientais e microbiológicos associados à cultura, que podem ser integrados na discussão das dimensões socioambientais do CTS. Fontanetti e Bueno (2017), Silva *et al.* (2021) aprofundam a análise dos impactos socioeconômicos e ambientais do setor, promovendo reflexão crítica sobre sustentabilidade e responsabilidade social empresarial. Além disso, Moraes *et al.* (2013) apresenta dados sobre as condições laborais e socioeconômicas dos trabalhadores, ampliando a compreensão dos dilemas sociais vinculados à produção da cana-de-açúcar. Por fim, Santana, Terra e Leite (2017) demonstram a aplicabilidade do enfoque CTS para construir intervenções pedagógicas que relacionam ciência, tecnologia e sociedade a partir da produção do açúcar, favorecendo a formação crítica dos estudantes diante dos dilemas socioambientais contemporâneos.

Categoria 4: história e colonialidade

Em “História e produtos da cana-de-açúcar: um breve relato” de Santana *et al.* (2015), em sala de aula pode ser aplicado como um tema junto às sequências CTS/CTSA, nele apresenta diversos produtos derivados da cana, no qual os alunos poderão relacionar os processos científicos, à formação histórica no Brasil, o consumo de açúcar e etanol e suas relações com a saúde, ambiente e desenvolvimento.

Em “A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil perspectivas geográfica, histórica e ambiental” de Rodrigues e Ross (2020), no ensino em ciências, os estudantes podem refletir sobre a monocultura, sustentabilidade, recursos naturais, impactos e justiça social, desenvolvendo pensamento crítico e consciência socioambiental.

“A economia açucareira e o processo de exploração desde o Brasil-Colônia” Oliveira Shimada (2013), mostra como a monocultura da cana-de-açúcar foi moldada por processos históricos de exploração, produção e avanços tecnológicos, inseridos em dinâmicas políticas e

econômicas que afetam o meio ambiente e as condições sociais, permitindo uma abordagem crítica e interdisciplinar no ensino.

“A importância da plantation açucareira no Brasil colonial” de Silva (2019), no ensino de ciências esse trabalho permite contextualizar a história do Brasil colônia com os conteúdos científicos, por exemplo como eram os engenhos, os processos tecnológicos, a exploração de mão de obra e escravidão, assim os alunos poderão entender os processos de violência e desigualdade além dos processos comerciais do país.

O estudo de Vieira (2012), intitulado “As Ilhas e a expansão da cultura e tecnologia da cana-de-açúcar no Atlântico nos séculos XV a XIX”, pode ser usado em sala com o enfoque CTS, através de discussão e reflexão crítica dos aspectos sociais, tecnológicos e ambientais relacionados a essa monocultura.

No livro intitulado “O tráfico de escravos para a América Latina: um balanço historiográfico” de Andrews e De La Fuente (2018), auxiliará numa discussão a partir da qual os alunos verão que a ciência não é neutra e sim discutir a história e suas desigualdades que marcam o Brasil e a América Latina, como a escravidão, relações raciais e organização política.

Os artigos que compõem a seção sobre "história e colonialidade" lançam luz sobre a profunda conexão entre a cultura canavieira e a trajetória histórica do Brasil e da América Latina. Essa história é indelévelmente marcada pela escravidão, pelo sistema de *plantation* e pela apropriação forçada de terras e pela subjugação dos povos colonizados. Esses estudos, mostram que a propagação da cana uniu tecnologia, negócios e conhecimento científico à estrutura colonial e racista, resultando em desigualdades que ainda persistem nos dias atuais. Césaire (2010; 2020) e Fanon (2008), abordam a colonialidade como um projeto de desumanização e racialização, bem como pelas ideias de Freire (2021), que defende um ensino de Ciências que estimule a análise crítica dessas relações de opressão ainda presentes, eles nos convidam a refletir.

Categoria 5: aspectos raciais e pós-abolição

Em “Da construção dos engenhos de cana-de-açúcar à espacialidade negra: geografizando sobre o Crato-CE” de Silva et al. (2024), esse estudo traz uma opção de trabalhar a temática cana-de-açúcar relacionada aos conteúdos científicos com história, cultura afro-brasileira e crítica ao escravismo. Os alunos conseguirão entender que nos processos de engenhos concentravam-se saberes africanos, mas que foi marcado por violência e resistência.

“História - O destino dos negros após a Abolição” de Ipea (2011), o texto pode ser usado no ensino em ciências, pois mostra que a ciência e tecnologia se expandem em uma

sociedade marcada pelo racismo estrutural, possibilitando o debate e problematização sobre a “superioridade branca” que é construída e a marginalização dos escravizados, com isso, proporcionando uma educação antirracista.

“Libertos, mas não livres: a exclusão social dos ex escravizados no Brasil pós-abolição” de Gaeta Aleixo (2025), analisando a trajetória histórica da cana-de-açúcar é possível também oferecer uma base para uma educação antirracista no ensino de ciências, problematizando as questões da neutralidade da ciência, incluindo o aspectos de justiça racial, democracia e direitos humanos.

“Resistência negra e pós-abolição no Brasil” de Conceição et al. (2019), mostra que o racismo estrutural foi construído com a marginalização da população negra, discutir isso no ensino de ciências é fundamental, pois as relações de ciência e tecnologia se relacionam diretamente com esse processo de desigualdades imposto pela sociedade.

“Escravidão no Período Colonial: a vida dos negros nos engenhos de açúcar.” de Moraes (2018), É possível problematizar a ciência e tecnologia através da abordagem CTS, relacionando a história dos engenhos de açúcar às condições de vida e trabalho da população negra escravizada.

“A influência do trabalho escravo nos engenhos e nas fazendas de cana de açúcar no estado de Mato Grosso no século (XVIII e XIX)” de Almeida e Oliveira (2019), permite a discussão das desigualdades que persistem nos dias atuais, mostrando que os conteúdos científicos (energia, processos industriais, sistemas de produção), estão ligados a um processo de exploração e opressão racial.

“O açúcar amargo: Suor, sangue e lágrimas nos engenhos.” de Souza (2024), o artigo mostra as condições de vida e trabalho das pessoas escravizadas nos engenhos de açúcar, isso permite problematizar em sala de aula a ideia de que ciência e tecnologia não são neutras, usando a história da cana para discutir relações entre conhecimento técnico, exploração do trabalho, raça, classe e direitos humanos em uma perspectiva CTS antirracista.

A notícia “Por que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar é a que mais escraviza pessoas no Brasil?” (Brasil de fato, 2023), esse texto é fundamental para o ensino de ciências, pois ajuda a formar uma visão crítica sobre ciência, tecnologia e sociedade, incentivando a consciência social.

O aprofundamento das desigualdades de gênero, raça e classe exige valorizar produções brasileiras essenciais para compreender essas dinâmicas. Lélia Gonzalez (2020), em “Por um feminismo afro-latino-americano”, destaca a articulação entre racismo e sexismo e propõe a “amefricanidade” como base para um feminismo plural, antirracista e decolonial,

fundamental para desafiar o mito da democracia racial e promover novas práticas de igualdade (Souza, 2024). Conceição Evaristo, em “Ponciá Vicêncio” (2020), destaca a escrevivência como forma de resistência e reconstrução identitária frente ao racismo e à exclusão social. Já Carolina Maria de Jesus, com “Quarto de despejo” (1960), denuncia as desigualdades vividas pelas mulheres negras nas periferias urbanas. Ambas ampliam a discussão educacional ao promover abordagens críticas, plurais e antirracistas sobre a cultura da cana-de-açúcar e o ensino de ciências no Brasil.

Categoria 6: mercado, bioeconomia e globalização

O relatório comercial “South America Sugar Cane Market Report 2025” (Cognitive Market Research), é um panorama importante para o ensino de Ciências, porque permite discutir temas atuais como sustentabilidade, impactos ambientais, biotecnologia e políticas públicas, promovendo a compreensão crítica sobre a produção agrícola e seus reflexos sociais e econômicos.

“Uma Bioeconomia para a América Latina” Andrade *et al.* (2023), ao dialogar com perspectivas críticas CTS, o texto amplia a análise ao questionar os sentidos e os impactos do desenvolvimento promovido pela expansão da cana, aprofundando o debate sobre justiça social, poder empresarial e os limites de modelos produtivos sustentáveis na América Latina.

Do ponto de vista econômico, o setor sucroalcooleiro é estratégico para a economia brasileira, apresentando importante geração de empregos e contribuição para o PIB, como ressaltam Moraes (2007) e Nocelli *et al.* (2017). Contudo, a concentração econômica e as desigualdades territoriais implicam desafios para a sustentabilidade, tema analisado também por Rossetto *et al.* (2022), que propõem práticas mais sustentáveis para a cadeia produtiva, alinhando-se a estratégias de impacto reduzido e responsabilidade social empresarial descritas por Lizarazo (2017).

Além disso, a perspectiva CTS possibilita discutir a dimensão econômica da cultura da cana-de-açúcar, destacando sua importância estratégica para a economia brasileira, mas também as desigualdades e os desafios para a sustentabilidade que este setor enfrenta. De acordo com Moraes (2007), a cultura da cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental no mercado de trabalho brasileiro, especialmente no sistema agroindustrial, gerando uma grande quantidade de empregos ao longo do tempo. Entretanto, o autor ressalta que esse mercado apresenta dinâmicas complexas, marcadas por processos de modernização e mecanização que impactam diretamente as condições laborais, evidenciando a necessidade de políticas públicas que garantam direitos e promovam a melhoria das condições de trabalho neste setor.

De acordo com a Tabela 2 apresentada por Moraes (2007), em 2005 o setor agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil empregava 982.604 trabalhadores, com maior concentração no Centro-Sul (63%) e no Norte-Nordeste (37%). A maioria tinha baixa escolaridade: 13,2% eram analfabetos e 54,2% tinham até a 4ª série incompleta. Apenas 11,4% possuíam ensino médio completo, evidenciando o desafio da qualificação da mão de obra, especialmente nas regiões Norte-Nordeste.

Tabela 2: Número de trabalhadores dos setores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool para as regiões do Brasil, por grau de instrução e faixa etária - 2005.

TABELA 3 - NÚMERO DE TRABALHADORES DOS SETORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL PARA AS REGIÕES DO BRASIL, POR GRAU DE INSTRUÇÃO E FAIXA ETÁRIA - 2005

	Brasil	Norte-Nordeste			Centro-Sul		
Número de Empregados	982.604	364.443			618.161		
Grupos de idade		Cana	Açúcar	Álcool	Cana	Açúcar	Álcool
Até 17 anos*	1.514	221	229	14	668	302	80
18 a 24 anos	246.299	23.755	60.187	8.846	79.929	50.790	22.792
25 a 29 anos	191.272	18.687	47.093	6.606	61.209	39.272	18.405
30 a 39 anos	280.267	28.264	65.400	9.029	89.343	59.641	28.590
40 a 49 anos	174.458	18.409	39.229	5.215	54.624	39.126	17.855
50 a 64 anos	83.695	10.732	19.227	2.058	26.321	17.030	8.327
65 anos ou mais	5.097	424	755	61	2.080	1.292	485
Ignorado	2	2	0	0	0	0	0
Total	982.604	100.494	232.120	31.829	314.174	207.453	96.534
Educação							
Analfabeto	111.516	29.467	57.764	2.348	13.569	4.832	3.536
4ª série incompleta	345.652	47.993	109.945	12.908	95.248	55.773	23.785
4ª série completa	184.290	9.530	21.040	9.578	79.152	45.172	19.818
8ª série incompleta	142.100	7.169	19.478	2.632	62.181	34.075	16.565
8ª série completa	70.749	1.947	7.190	1.638	30.876	18.733	10.365
2º grau incompleto	38.911	1.697	5.548	728	12.676	12.411	5.851
2º grau completo	71.537	2.216	8.920	1.437	16.504	28.743	13.717
Superior incompleto	5.518	143	572	123	1.465	2.195	1.020
Superior completo	12.331	332	1.663	437	2.503	5.519	1.877
Total	982.604	100.494	232.120	31.829	314.174	207.453	96.534

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego - RAIS, 2005.

* A 1ª faixa etária disponível pelos registros da RAIS em 2005 é "até 17 anos".

Fonte: (Moraes, 2007, p. 892).

A Tabela 3 revela que, em 2005, São Paulo liderava em número de empregados e remuneração média no setor sucroalcooleiro, com 220.517 trabalhadores na cana-de-açúcar e salário médio de R\$ 759,47, acima da média nacional de R\$ 647,22. Estados como Pernambuco, Alagoas, Paraná e Minas Gerais apresentaram salários menores, evidenciando desigualdades regionais na distribuição de empregos e remunerações no setor.

Tabela 3: Comparação entre o número de empregos e a remuneração média mensal para os principais estados produtores - 2005.

TABELA 5 - COMPARAÇÃO ENTRE O NÚMERO DE EMPREGADOS E A REMUNERAÇÃO MÉDIA MENSAL* PARA OS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES - 2005

	Cana-de-Açúcar		Açúcar		Álcool		Total	
	Número de empregados	Remuneração Média	Número de empregados	Remuneração Média	Número de empregados	Remuneração Média	Número de empregados	Remuneração Média
SP	220.517	753,79	131.867	1.031,70	33.149	886,98	385.533	860,30
PE	55.358	434,44	90.379	477,96	1.210	875,08	146.972	464,84
AL	8.702	380,86	119.345	514,28	10.744	477,74	138.791	503,09
PR	21.146	527,18	27.122	563,27	20.274	567,80	68.542	553,47
MG	16.897	650,12	28.626	708,95	9.280	663,58	54.803	683,13
BR	414.668	647,22	439.573	690,99	128.363	706,29	982.604	674,52

Fonte: Elaborada a partir de dados da RAIS.Ministério do Trabalho e Emprego, 2002.

* Valores correntes, em R\$ de 2005

Fonte: (Moraes, 2007, p. 895).

A cana-de-açúcar, embora represente um pouco menos da metade da área plantada globalmente, tem seu destaque principalmente no Brasil, maior produtor mundial de açúcar e segundo maior produtor de etanol, com expansão também em países como Argentina, Colômbia, Peru e na América Central.

Tabela 4: Área plantada cultivos flexíveis na América Latina (ha x 10.000).

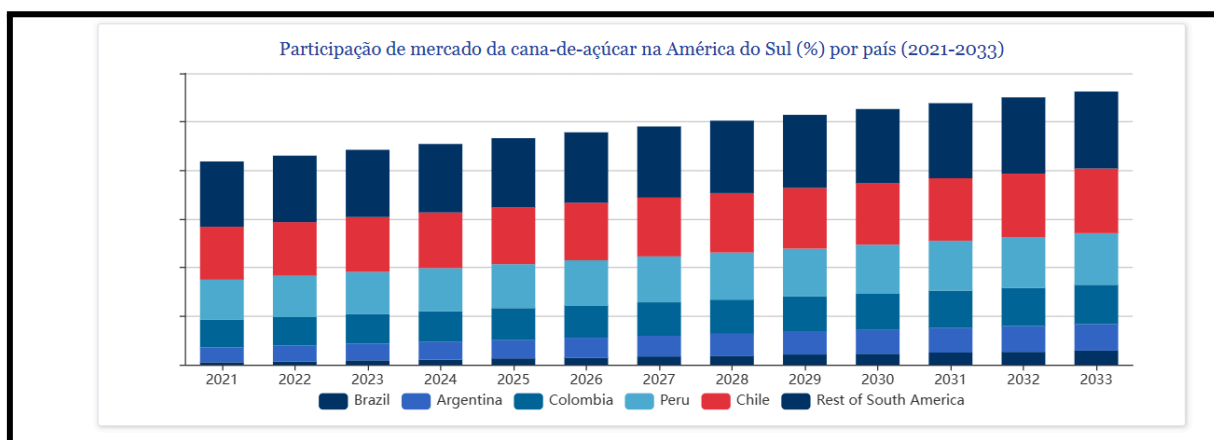
Tabela 1. Área plantada cultivos flexíveis na América Latina (ha x 10.000)

Cultivo/Ano	Mundo			América Central			América do Sul			Caribe		
	2005	2010	2014	2005	2010	2014	2005	2010	2014	2005	2010	2014
Soja	9.257	10.285	11.755	11	17	23	4.023	4.618	5.568	-	-	-
Cana-de-açúcar	1.971	2.375	2.712	122	125	139	703	1.024	1.181	68	58	64
Palma aztecaira fruto	1.291	1.615	1.870	18	26	38	42	57	76	1	2	2

Fonte: (Lizarazo, 2017).

A produção de cana-de-açúcar na América do Sul envolve a análise de receita, participação de mercado e os principais tipos de uso em países como Brasil, Argentina, Colômbia, Peru e Chile. O relatório avalia riscos regulatórios, tendências históricas e projeções de mercado, abordando fatores como lucro, preços, oferta e sustentabilidade, e oferece um panorama sintético sobre os desafios e perspectivas do setor regional.

Tabela 5: Participação de mercado da cana-de-açúcar na América do Sul (%) por país (2021-2023).



Fonte: (Cognitive Market Research 2024).

Os artigos agrupados nesta categoria abordam a cultura da cana-de-açúcar em relação à sua inserção nas cadeias produtivas globalizadas, enfatizando sua relevância estratégica para a economia, sua centralidade nos mercados de açúcar e etanol, além das promessas ligadas à bioeconomia e à sustentabilidade. Em geral, esses estudos mostram que as narrativas de modernização, competitividade e "economia verde" coexistem com grandes desigualdades regionais, precarização do trabalho e efeitos socioambientais. Isso reforça a necessidade, destacada pela perspectiva CTS/CTSA e por autoras como Fraser (2022), de examinar criticamente como o capitalismo reestrutura a distribuição de riquezas e reconhecimentos no âmbito do agronegócio canavieiro, questionando a aparente neutralidade da ciência e da tecnologia nesse processo.

Categoria 7: Conflitos e justiça socioambiental

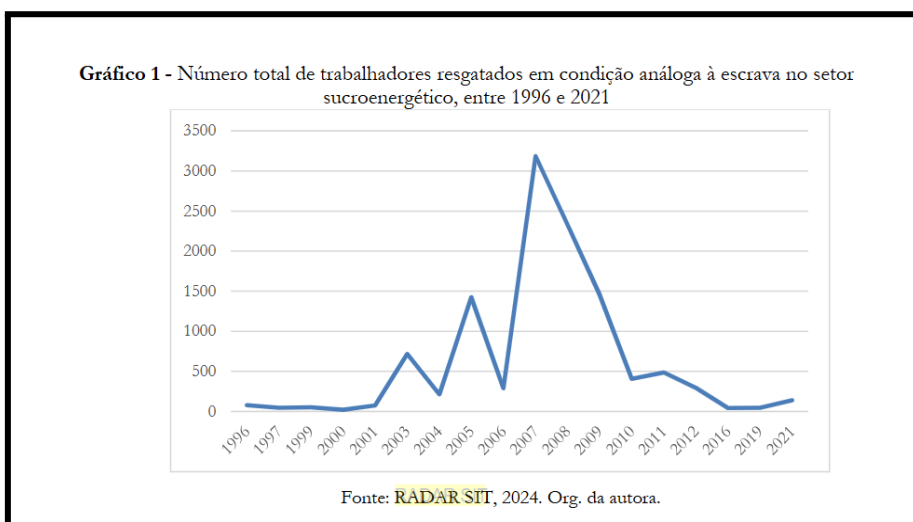
“Herança colonial, instituições & desenvolvimento: um estudo sobre a desigualdade entre os municípios brasileiros” de Naritomi (2007), permite a problematização dos meios de tecnologia e justiça social, isso promove um ensino crítico, que conecta história, ciência e sustentabilidade, permitindo com que os estudantes desenvolvam uma visão ampla das consequências das intervenções humanas na natureza.

A reportagem “Terra e Poder: A Violência Estrutural do Campo Brasileiro” de Rede de Estudos Rurais (2025), esse texto permite discutir e problematizar através da abordagem CTS a produção agrícola da cultura da cana-de-açúcar, que está ligada à concentração fundiária, aos conflitos por terra, ao uso de agrotóxicos, à contaminação de solos e águas e às diferentes formas de violência que atingem trabalhadores rurais, indígenas e quilombolas.

No âmbito social e trabalhista, as pesquisas de Amorim (2008) e Caumo *et al.* (2012) evidenciam as condições históricas e atuais dos trabalhadores da cana, muito marcadas por desigualdades de gênero, precarização e exploração, o que reforça a discussão de justiça social proposta por autores como Fraser (2022). A inserção da perspectiva CTS no ensino, destacada por Souza (2012) e Carvalho (2012), contribui para problematizar essas questões, aproximando o conhecimento científico das realidades sociopolíticas, e assim promover uma educação mais crítica e contextualizada.

O gráfico abaixo apresenta o número total de trabalhadores resgatados por ano do trabalho análogo ao escravo, mostrando um aumento expressivo a partir de 2000, coincidindo com a expansão das atividades no Brasil e intensificando-se durante a crise financeira de 2007-2008. A maior parte desses trabalhadores resgatados estava concentrada na etapa agrícola da produção, especialmente no cultivo da cana-de-açúcar (7.825 resgatados), seguido pela fabricação de álcool (2.491) e açúcar em bruto (990).

Gráfico 1: Número total de trabalhadores resgatados em condição análoga à escrava no setor sucroenergético, entre 1996 e 2021.



Fonte: (Silva, 2025, p.223).

Os documentos classificados nessa categoria revelam que o cultivo da cana-de-açúcar ocorre em um cenário de desigualdade enraizada, posse de terra concentrada e formas de violência sistêmicas que impactam significativamente trabalhadores do campo, comunidades negras, povos originários e quilombolas. Em geral, demonstram que o progresso associado ao setor sucroalcooleiro depende de instituições e modelos econômicos que criam e perpetuam situações de injustiça, o que está de acordo com Fraser (2022) ao destacar a conexão entre

desigualdades na distribuição de recursos e no reconhecimento social, bem como com a abordagem CTS, que promove um ensino de Ciências engajado com a análise crítica das interações entre ciência, tecnologia, poder e vulnerabilidade socioambiental.

7. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO CRÍTICA DO DOSSIÊ

Este capítulo dedica-se à análise e interpretação crítica do dossiê referente à cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina, sob o recorte teórico-metodológico da abordagem CTS. Por meio da revisão e discussão dos principais artigos selecionados, livros acadêmicos, dissertações, relatórios institucionais, relatório de mercado/setorial, textos jornalísticos/reportagens, notícias, trabalhos de conclusão de curso e monografias busca-se evidenciar as dimensões históricas, econômicas, socioculturais e ambientais inerentes à atividade canavieira, ressaltando as inter-relações entre ciência, tecnologia e os contextos sociais nos quais esta se insere. A presente reflexão crítica objetiva, portanto, articular os saberes científicos com as condições e contradições sociopolíticas, reconhecendo a relevância do tema para a compreensão ampliada das dinâmicas produtivas e suas implicações educacionais.

Alberto Vieira (2007) analisa a expansão da cultura e tecnologia da cana-de-açúcar nas ilhas atlânticas portuguesas entre os séculos XV e XIX, destacando a Madeira, Açores, Cabo Verde e São Tomé como centros pioneiros que influenciaram o desenvolvimento agrícola e industrial da planta. A produção açucareira teve início na Madeira, importando mudas e técnicas da Sicília, transformando-se ali no maior polo mundial de açúcar até o século XVI. Essas ilhas funcionaram como modelo para o sistema de plantation, posteriormente difundido nas colônias americanas, como o Brasil. A expansão esteve marcada pelo uso intensivo da mão de obra escrava e desempenhou papel estratégico no comércio atlântico e na consolidação do sistema escravista.

A história da cana-de-açúcar no Brasil, conforme Rodrigues e Ross (2020), destaca sua importância central na formação econômica, social e ambiental do país. Desde a chegada ao Brasil no início do século XVI, trazida por portugueses, a cana foi cultivada inicialmente na capitania de Pernambuco, com os primeiros engenhos surgindo por volta de 1535. Essa cultura marcou o chamado ciclo do açúcar, que perdurou até os séculos XVII e XVIII, consolidando-se como a principal atividade econômica, especialmente na Região Nordeste, com destaque para Pernambuco e Bahia. A expansão da cultura esteve associada ao uso intensivo de trabalho escravo africano e ao desenvolvimento de tecnologias de produção, que

transformaram o Brasil em um dos maiores exportadores mundiais de açúcar. Além do impacto econômico, o cultivo da cana também influenciou profundamente o desenvolvimento social e o padrão territorial.

Durante o intervalo entre 1500 e 1822, o Brasil permaneceu como colônia portuguesa. Nesse período, a atuação de Portugal, marcada por uma exploração econômica evidente, manifestou-se no território brasileiro com variadas formas e intensidades. Essa presença diversa dependia dos interesses europeus sobre certos recursos, do tipo de atividade econômica gerada pela extração desses recursos, além da possibilidade de manter um controle efetivo sobre essas atividades, levando em conta a extensão geográfica do país (Naritomi, 2007). Essa dinâmica histórica é importante para a educação em ciências, pois ajuda a compreender como a exploração colonial influenciou o uso dos recursos naturais e seus impactos socioambientais.

O ciclo da cana-de-açúcar foi sustentado por uma economia baseada no sistema de *plantation*, caracterizado por grandes latifúndios monocultores e trabalho escravo. Nessa estrutura, a concentração dos recursos econômicos e do poder político era muito intensa. Os engenhos de açúcar demandavam investimentos elevados para sua implantação, com as terras sendo concedidas principalmente a pessoas ligadas à coroa portuguesa ou aos capitães donatários, que possuíam recursos para ocupar e explorar essas áreas. Além disso, o sucesso do ciclo açucareiro esteve diretamente ligado à utilização da mão de obra escrava africana, que garantiu a força necessária para a produção em larga escala. Enquanto os senhores de engenho possuíam grande poder e influência local, a maioria dos escravos permanecia sem qualquer poder econômico, político ou reconhecimento social (Naritomi, 2007). As marcas deixadas pelo sistema escravista ainda influenciam a sociedade brasileira hoje, manifestando-se nas persistentes desigualdades socioeconômicas, no racismo estrutural e na exclusão social de descendentes de pessoas escravizadas.

No Brasil colonial, o ciclo econômico girava fundamentalmente em torno do cultivo da cana-de-açúcar, sustentando-se na exploração intensa da mão de obra escravizada. Destaca-se que o açúcar representou a primeira grande riqueza produzida no país, sustentando uma economia monocultora voltada para a exportação principalmente para a Europa, sob o controle da Coroa Portuguesa e o sistema do pacto colonial. Segundo Oliveira Shimada (2023), o artigo expõe as duras condições enfrentadas pelos trabalhadores escravizados, trazidos da África em navios negreiros, e como o sistema de grandes latifúndios e engenhos consolidou uma estrutura social e econômica baseada na exploração intensa e desigual. Essa

economia açucareira moldou a sociedade colonial brasileira e teve impactos duradouros na organização econômica e social do Brasil (Oliveira Shimada, 2013).

Silva (2019) analisa a importância da *plantation* açucareira no Brasil colonial, evidenciando sua posição central na organização econômica e social da colônia entre os séculos XVI e XVIII. O estudo ressalta que esse modelo de grandes propriedades dedicadas exclusivamente ao cultivo da cana-de-açúcar e à exportação de açúcar para a Europa baseava-se na exploração da mão de obra escravizada, sobretudo africana, e consolidava uma estrutura social marcada pela concentração fundiária e pelo poder dos senhores de engenho, configurando uma aristocracia rural dominante. Além de sua relevância econômica, Silva (2019) destaca o papel da *plantation* no processo de colonização, especialmente no Nordeste, onde as condições climáticas favoreciam essa atividade. Assim, dando continuidade e afirmação da história da cana no Brasil, esse trabalho oferece uma análise abrangente das dimensões física, econômica e cultural da *plantation*, seu impacto no comércio mundial e os fatores que contribuíram para seu declínio.

A produção de cana-de-açúcar na América Latina apresenta uma trajetória marcada por importantes transformações históricas e configurações contemporâneas, especialmente nos países Argentina, Brasil e México. Neste contexto, Maiante (2011) investiga detalhadamente as semelhanças e diferenças no desenvolvimento da agroindústria açucareira, destacando o papel central que essa atividade desempenha na economia regional. Evidenciando que entre os anos de 1880 e 1980, ocorreram mudanças estruturais profundas na produção, enquanto a partir da década de 1990, fatores como a desregulamentação setorial e as novas dinâmicas econômicas regionais passaram a condicionar o setor. Ademais, o trabalho apresenta uma análise comparativa sobre produtividade, exportações e participação econômica, situando o Brasil como líder na produção, seguido pelo México e pela Argentina (Maiante, 2011).

A diversidade de produtos obtidos a partir desse cultivo, como açúcar, álcool, melão e outros subprodutos, reflete não apenas os processos técnicos e produtivos, mas também aspectos culturais que permeiam essa cadeia produtiva. Essa evolução destaca a relevância histórica e contemporânea da cana-de-açúcar, evidenciando seus impactos profundos no crescimento e na dinâmica das regiões brasileiras e na economia nacional como um todo. Entretanto, o crescimento dos setores agroindustriais de alimentos e combustíveis, impulsionados pelo aumento populacional e pela preocupação ambiental, resulta na geração de grandes volumes de resíduos sem tratamento adequado, que prejudicam a saúde pública e o meio ambiente (Santana *et al.* 2015).

No livro "Estudos afro-latino-americanos: uma introdução" (Andrews; De La Fuente, 2018), a escravidão é abordada como elemento central na formação socioeconômica da América Latina, especialmente no contexto da produção de cana-de-açúcar. O livro destaca a profunda interligação entre o tráfico de escravos africanos e o desenvolvimento da indústria açucareira, evidenciando como os escravizados foram fundamentais para a sustentação dos engenhos e para o enriquecimento das elites coloniais. Além disso, a obra analisa as consequências sociais e culturais desse sistema, mostrando o legado da escravidão nas estruturas raciais e desigualdades que persistem até hoje na região:

Destaco, nesta apresentação, quatro questões que são cruciais para o entendimento desta confluência de fatores que conecta o Brasil à América Latina e que nos permite falar de um campo de estudos afro-latino-americanos: escravidão, interpretação das relações raciais, desigualdades raciais e organização política. Esses quatro pontos não esgotam as proximidades e conexões, mas são pontos que estão interligados. (Andrews; De La Fuente, 2018, p. 12).

O estudo "Da construção dos engenhos de cana-de-açúcar à espacialidade negra: geografizando sobre o Crato-CE" de Silva *et al.* (2024) ainda em desenvolvimento identificou que analisar os engenhos como detentores de uma essência cultural africana contribui para compreender o papel dessa população na formação do espaço geográfico do Crato, Ceará. O escravismo criminoso possibilitou a espacialização dos conhecimentos africanos e afrodescendentes, formando um patrimônio cultural material e imaterial essencial para entender a geo-história e a atuação socioespacial da negritude. Nos engenhos de cana-de-açúcar, isso se manifesta no cultivo, arquitetura, produtos e divisão do trabalho, todos influenciados pelo saber africano. Logo, a presença de africanos e seus descendentes moldou tanto o meio rural quanto o urbano, buscando entender a espacialidade negra por meio da catalogação desses engenhos. Essa abordagem destaca o protagonismo africano no contexto do escravismo criminoso e suas manifestações culturais locais (Silva *et al.* 2024).

Nos engenhos de açúcar, a vida cotidiana dos negros escravizados era dura e opressiva, uma rotina diária constante para eles, e trabalhavam por horas durante toda a semana em condições de trabalho árduas e desumanizantes, sob vigilância contínua e crueldade física ao seu lado. Esse fenômeno representava a busca de máxima produtividade possível na produção de açúcar à custa dos direitos dos escravizados, que não poderiam ser obtidos, ou pelo menos considerados dignos como pessoas. Mas os engenhos realizavam trabalhos de todos os tipos, e não era apenas o cultivo da cana-de-açúcar, refletindo as relações de poder colonial em jogo. Os escravizados, portanto, também conseguiam reter

alguns elementos da cultura africana que influenciaram a cultura brasileira em circunstâncias desafiadoras, através das quais essa experiência de escravidão forma o cerne de muitas práticas exploratórias, bem como de resistência (Moraes, 2018).

Nas propriedades dedicadas ao cultivo da cana e à fabricação do açúcar, o trabalho era organizado principalmente em duas áreas: a lavoura, responsável pelo plantio e colheita da cana, e o engenho, local onde ocorria o processamento para produção do açúcar. Cada setor envolvia tarefas específicas, técnicas próprias e condições frequentemente exaustivas e arriscadas para os trabalhadores. As descrições históricas revelam a dura realidade dos homens e mulheres escravizados, submetidos a jornadas de trabalho intensas e arriscadas, especialmente nos setores da moenda, fomalhas e caldeiras. Essa exploração cruel, documentada desde o século XVII, evidencia a face brutal do sistema escravista na produção açucareira, que perdurou até o século XIX e foi marcada por relações de poder violentas e desumanas (Souza, 2023).

A escravidão no Brasil foi estruturada com o objetivo claro de explorar economicamente a mão de obra escrava, sobretudo das classes menos favorecidas, instaurando um sistema de profunda opressão racial. Durante mais de três séculos, grande parte da riqueza produzida, consumida e exportada veio da intensa exploração do trabalho escravo. Esse trabalho sustentou a extração de metais preciosos como ouro e diamantes, além da produção de açúcar, aguardente e outros bens essenciais tanto para o consumo interno das fazendas quanto para as exportações da coroa portuguesa, que eram o principal foco da colonização no país (Almeida; Oliveira, 2019). Ainda hoje, o combate às formas modernas de trabalho análogo à escravidão é crucial para garantir a dignidade e os direitos humanos no Brasil.

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil continua sendo uma das que mais explora trabalhadores em condições análogas à escravidão, um problema que persiste desde o período colonial e se agravou em 2022, quando 2.575 pessoas foram resgatadas em situação degradante, principalmente na colheita, capina e plantio manual. A terceirização do trabalho e a crise socioeconômica decorrentes da pandemia de COVID-19 intensificaram essa precarização, afetando principalmente homens negros de regiões pobres, com baixa escolaridade e condições sanitárias precárias. O aliciamento de trabalhadores e a falta de proteção aumentam ainda mais essa vulnerabilidade, resultando em jornadas exaustivas e exploração sistemática (Brasil de fato, 2023).

A abolição marginalizou ainda mais os anteriormente escravizados, que se tornaram uma população discriminada, muitas vezes excluída do mercado de trabalho e da sociedade. A

ideologia racialista do período, moldada por europeus que acreditavam que a superioridade racial branca era uma explicação científica, forneceu a ideologia sob a qual o racismo estrutural foi ainda mais encorajado e até sustentado durante tempos liberais, justificando desigualdades sociais e econômicas extremas (IPEA, 2011). Esses indivíduos não estavam sendo socializados porque não estavam sendo aprovadas políticas públicas para garantir o acesso no país à educação, trabalho e moradia digna. No entanto, essa marginalização agravada pelo racismo estrutural limitou suas oportunidades, relegando-os a ambientes precários, particularmente nas periferias urbanas. A liberdade formal não significou liberdade real, reforçando assim desigualdades históricas que continuam a desafiar o Brasil (Gaeta Aleixo, 2025).

A historiografia da sociedade brasileira mostra que a ideologia dominante sempre favoreceu a classe branca, ignorando e apagando as conquistas e a cultura negra. Embora haja avanços no combate à desigualdade racial, a população negra ainda vive marginalizada devido ao racismo estrutural, historicamente silenciado para evitar políticas que melhorassem sua situação. A abolição da escravidão resultou da resistência dos escravizados, como fugas e revoltas, mas mesmo após a liberdade formal, a dominação racial continuou, relegando os negros a condições precárias e à competição desigual com a imigração europeia favorecida como meio de embranquecimento (Conceição *et al.* 2019). O racismo estrutural se manifesta nas dificuldades cotidianas, nas áreas de educação, saúde, moradia e lazer, exigindo políticas públicas eficazes e a conscientização crítica da sociedade para superar as desigualdades históricas e promover a verdadeira inclusão social.

A obra (Andrews; De La Fuente, 2018) enfatiza o papel dessas lutas na construção do significado da libertação negra e na formação da identidade e mobilização afro-latino-americana contemporânea,

As estratégias de autoemancipação dos escravizados têm sido um lugar gerador para a concepção do significado da libertação negra no pensamento afro-latino-americano. Movimentos políticos e culturais negros do século XX, por exemplo, buscaram inspiração na história das fugas escravas e da resistência, como se reflete na nomenclatura do grupo Quilombhoje, fundado em 1980 no Brasil, e na organização afro-colombiana Movimento Nacional Quilombola (Movimiento Nacional Cimarrón), fundado em 1982. Enfocamos nesta seção alguns temas-chave que emergem da prolongada luta para abolir a escravidão na América Latina, incluindo as dificuldades de interpretar o registro histórico remanescente para rastrear as ideias políticas dos escravizados, o impacto da revolução haitiana, a influência de comunidades quilombolas nas sociedades escravistas, e o relacionamento entre escravidão e republicanismo (Andrews; De La Fuente, 2018, p. 227).

Segundo Cortez (2013), na região do Cariri Cearense entre 1850 e 1900, a mestiçagem e as condições de trabalho tanto de escravos quanto de trabalhadores livres contribuíram para a construção de uma identidade social particularmente marcada, conhecida como “cabra”. Essa identidade refletia as complexas relações sociais e a resistência dos grupos marginalizados, revelando como as categorias sociais e raciais foram moldadas e negociadas dentro das dinâmicas rurais e escravistas da época. Os trabalhadores do corte da cana enfrentam a violação constante de seus direitos trabalhistas e humanos, marcada por jornadas exaustivas, condições precárias de saúde e elevada mortalidade por excesso de esforço. Essa precarização tem raízes históricas na exploração do corpo do trabalhador durante a escravidão e permanece atualmente, mesmo com a modernização das usinas e o controle rigoroso dos empregadores. A resistência desses trabalhadores cresce, envolvendo diferentes atores sociais e exigindo melhores condições de trabalho e o reconhecimento dos direitos humanos no setor (Moraes Silva, 2008).

No século XXI, o setor sucroenergético brasileiro tem passado por transformações significativas, com expansão territorial e inserção na dinâmica de acumulação financeira global. A análise dos dados oficiais da plataforma RADAR-SIT⁴ revela que as condições de trabalho nesse setor continuam precárias, evidenciadas pela persistência do trabalho análogo ao escravo, elevados índices de acidentes, afastamentos e óbitos relacionados ao ambiente laboral. Esses desafios contemporâneos refletem a superexploração histórica da mão de obra, que, apesar de avanços tecnológicos e modernização, ainda sofre com a precarização e a violação de direitos fundamentais (Silva, 2025).

Silva (2023) estuda as experiências de infância e as trajetórias escolares de crianças que viveram e estudaram no ambiente rural dos engenhos de açúcar de Pernambuco no início dos anos 1990. Elas foram criadas em um ambiente caracterizado pela cultura da cana-de-açúcar em termos de exploração social do trabalho e controle do empregador sobre os corpos e vidas dos trabalhadores e suas famílias, explica o autor. Assim, apesar da pobreza e desigualdade para as crianças, elas construíram suas vidas escolares cotidianas em tensão entre escola, trabalho e o contexto socioeconômico da plantação de cana-de-açúcar. Esta pesquisa utiliza a narrativa oral como meio de revelar as estratégias de resistência e as experiências particulares das infâncias nesse cenário, evidenciando a complexidade das relações sociais no espaço da usina.

⁴ RADAR SIT. Painel de Informações e Estatísticas da Inspeção do Trabalho no Brasil. Disponível em: <<https://sit.trabalho.gov.br/radar/>>. Acesso entre out e nov. 2024.

A violência estrutural no campo brasileiro está profundamente enraizada na história da colonização e na concentração fundiária que marca a sociedade rural do país. Esse modelo agrário, fundado em grandes latifúndios e controlado por uma elite oligárquica, perpetua desigualdades sociais, conflitos por terra e violências econômicas que atingem trabalhadores rurais, indígenas e quilombolas. No contexto da cultura da cana-de-açúcar, essas disputas por terra e poder refletem as tensões de um sistema que resiste à democratização do acesso à terra e à efetivação da reforma agrária, mantendo relações de exploração e exclusão social. A ausência de políticas públicas eficazes e o sucateamento de órgãos responsáveis pela reforma agrária agravam a situação, tornando o campo um espaço de constantes conflitos e resistências, onde a violência se manifesta não só fisicamente, mas estruturalmente, na manutenção das desigualdades históricas (Rede de Estudos Rurais, 2025).

De acordo com o relatório da Cognitive Market Research (2024), o mercado de cana-de-açúcar da América Latina representa mais de 5% da receita global, estimada em USD 2.707,61 milhões em 2024, com uma taxa de crescimento anual composta de 4,4% até 2031. Devido aos avanços tecnológicos, ao aumento da escala de produção agrícola e industrial e à integração do comércio regional, o Brasil é o principal produtor e exportador. O segmento de produtos orgânicos reflete a valorização das práticas sustentáveis e dos produtos naturais, atraindo consumidores conscientes da saúde e da ética, enquanto o etanol se consolida em meio à crescente demanda global por açúcar. No que diz respeito a tendências e preços, o relatório também destaca o impacto das políticas governamentais, inovações agrícolas e dinâmicas comerciais, delineando oportunidades e desafios relacionados à volatilidade do mercado, exigências regulatórias e incentivos para a agricultura sustentável, alinhando o Brasil e a América do Sul com o contexto global do agronegócio (Cognitive Market Research, 2024).

A cana-de-açúcar no Brasil tem uma história impressionante. Ela se estabeleceu como protagonista de muitos ciclos econômicos coloniais, começando nos séculos XVI e XVII, seguindo condições ambientais favoráveis e o uso de mão de obra escravizada (Medeiros, 2024). Discute-se a importância histórica da cultura (cerca de 64,7 milhões de hectares adequados para o plantio e mais de 7 milhões já cultivados), os avanços tecnológicos, bem como a posição estratégica do etanol na matriz energética do país. Através de um processo de integração das dinâmicas econômicas rurais e nacionais na formulação de políticas para o setor, o autor consegue também abordar desafios regionais em vários estados, como governança e o papel das políticas públicas no setor. Também mostra as capacidades de

industrialização da cana-de-açúcar e como a produção de açúcar, etanol, alimentos e bebidas ajuda a garantir a posição do Brasil na cadeia global ligada ao setor.

Aguiar e Souza (2014) em seu estudo detalham os impactos regionais e produtivos da expansão da cana-de-açúcar nos oito maiores estados produtores do Brasil. Mostrando que o crescimento foi marcado principalmente pela substituição de outras culturas, como arroz, feijão, milho, café, algodão e laranja, resultando em maior concentração de terras e especialização agrícola. Esses processos trouxeram uma diminuição da diversidade agrícola nas regiões analisadas, impactando especialmente a produção de alimentos e tornando a agricultura mais vulnerável a oscilações de mercado. O artigo também aponta a heterogeneidade das dinâmicas produtivas entre os estados e discute as relações de trabalho nas áreas afetadas, abordando desafios sociais e econômicos associados à expansão da monocultura da cana (Aguiar; Souza, 2014).

Acrescentando esse nosso percurso analítico, Andrade et al. (2023) critica a bioeconomia latino-americana, destacando processos de apropriação capitalista, acumulação de valor e a influência dos grandes grupos empresariais sobre o setor da cana-de-açúcar. Examinando o papel das biotecnologias e os desafios impostos pela bioeconomia, dando ênfase em como essas dinâmicas constantemente reproduzem desigualdades sociais e econômicas. Nesse sentido, o autor afirma:

De acordo com nossa análise, ao mesmo tempo que a bioeconomia promete um retorno do capitalismo à produção de bens e ao crescimento, ela se depara com limites socioecológicos para a acumulação, os quais busca contornar se apropriando de recursos naturais e de tipos de trabalho previamente exteriores ao mercado. Do ponto de vista do trabalho, pode-se dizer que o trabalho intelectual é condição para o patenteamento, que por sua vez é uma ferramenta jurídica que privatiza o conhecimento social ou exclui seu uso por outros. É imprescindível considerar de maneira cuidadosa a perspectiva de geração de empregos futuros no escopo da bioeconomia em território latinoamericano, especialmente se considerarmos a experiência européia e como a bioeconomia parece combinar formas distintas de exploração do trabalho e extração de valor(Andrade, 2023, p. 59).

No norte de Goiás, a indústria da cana-de-açúcar cresceu de maneira intensa relacionado às plantações e a eficiência de produção, com a produção total. Com a receita tendo aumento significativo entre 2010 e 2019 de uma perspectiva social e econômica (Cunha, 2021). Locais antes que eram cobertos por vegetação original, foram afetadas por essa expansão territorial, transformando a zona rural, diante do uso dos recursos naturais e modificações nas formas de produção. Mesmo impulsionando a economia e criar lugares de trabalho, esse crescimento trouxe junto problemas ambientais e sociais, como por exemplo o

uso intensivo das terras, alterações nas relações de trabalho e ainda uma urgência quanto às ações governamentais que precisam responder às necessidades locais de justiça social e ambiental.

Expandindo a análise para além do âmbito regional, o estudo de Canabarro *et al.* (2023) oferece uma comparação global sobre a sustentabilidade da produção de etanol e biodiesel na Argentina, Brasil, Colômbia e Guatemala. O texto examina aspectos fundamentais como as diretrizes energéticas, os indicadores socioambientais e os desafios mundiais ligados à mudança no setor de energia, mostrando que, embora cada nação tenha suas próprias características na forma como produz, todas enfrentam dificuldades parecidas em relação ao controle ambiental, à inclusão das questões sociais e à necessidade de novas tecnologias para assegurar progressos verdadeiros em sustentabilidade. Assim, o cenário internacional apresentado pelo autor destaca a importância da união entre estratégias de produção, leis e políticas governamentais, incentivando o setor a lidar com os desafios globais de forma coordenada e consciente.

O sucesso ambiental dos biocombustíveis depende, em grande medida, da maneira como os recursos agrícolas são manejados, indo além da simples integração entre leis e práticas produtivas. O uso elevado de fertilizantes é considerado o principal fator para a emissão de gases de efeito estufa e para a depleção da camada de ozônio, especialmente durante a produção de etanol. Por isso, estratégias sustentáveis como a redução do uso de adubos, a substituição do gás natural por biogás e a adoção de certificações de baixo carbono tornam-se fundamentais para um setor mais eficiente e comprometido com a justiça socioambiental. Adotar esse conjunto de práticas fortalece a sustentabilidade do setor sucroenergético, aumenta a sua capacidade de cumprir normas ambientais e contribui tanto para a redução de emissões quanto para condições mais justas de trabalho e desenvolvimento entre os países produtores (Canabarro *et al.*, 2023).

Além da perspectiva global, é fundamental examinar as situações reais dos conflitos sociais e ambientais nas áreas de cultivo de cana no Brasil, como no interior paulista. Pesquisas sugerem que a monocultura da cana-de-açúcar contribui para grandes problemas como concentração de terras, desmatamento, erosão e poluição do solo e da água, que ameaçam as populações rurais e urbanas (Mapa de Conflitos da Fiocruz). As más condições de trabalho, longas jornadas e a exposição ao fogo, pesticidas, intoxicações, doenças respiratórias e acidentes ameaçam todos os trabalhadores que atuam na cana-de-açúcar, trabalhadores que têm que se deslocar sob ameaça de migrações forçadas, e que não têm ou não podem pagar por equipamentos de proteção adequados, tornando-se perigosos.

Casos em Ribeirão Preto e áreas circunvizinhas também destacam o efeito dos incêndios na saúde pública, resultando em mais internações hospitalares por problemas respiratórios e prejudicando a qualidade de vida local. A partir dos achados da literatura, pode-se inferir que os esforços para tratar os incêndios por meio da lei e através de abordagens graduais ainda são inadequados, e, portanto, essa injustiça ambiental precisa ser abordada eticamente, em políticas públicas que permitam a todos e respeitem o direito dos trabalhadores, bem como das comunidades afetadas (Mapa de Conflitos da Fiocruz).

Barrantes *et al.* (2014) comparam as diferenças entre o sistema convencional de produção de cana-de-açúcar e práticas conservacionistas, como rotação com soja e plantio direto. Diante dos dados, os resultados apontam que a soja quando integrada, aumenta a contribuição da cana para as mudanças climáticas e a depleção de combustíveis fósseis, a adoção do plantio direto traz ganhos ambientais relevantes. O plantio direto, por aproveitar a mesma terra para duas culturas e ao mesmo tempo melhorar a qualidade do solo, reduz impactos negativos e amplia a sustentabilidade do sistema. A presença da soja favorece a fixação de nitrogênio, reduzindo a demanda por fertilizantes químicos e melhorando a microbiologia e a reserva de água do solo, além de aumentar o acúmulo de carbono. E concluem que a ampliação de práticas agrícolas sustentáveis é fundamental para que a canavieira mantenha seu papel econômico sem comprometer o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida das comunidades envolvidas (Barrantes *et al.* 2014).

D'Agostini *et al.* (2009) trazem uma reflexão importante sobre os caminhos e os desafios do manejo ambiental na canavieira. Mostrando como o uso intensivo de pesticidas e práticas tradicionais afetam o solo, a água, os trabalhadores e as pessoas que vivem perto dessas plantações. Realçando a necessidade urgente de avançar para métodos mais responsáveis, como por exemplo o manejo integrado de pragas e alternativas biológicas, que oferecem caminhos para uma agricultura menos agressiva e mais responsável. Ademais, os autores sugerem que a conservação do solo e a redução de produtos químicos são fundamentais para preservar não apenas a produção atual, mas também a sustentabilidade da terra e das comunidades no futuro (D'Agostini *et al.*, 2009).

Ulrich (2023) chama a atenção para a palavra “sustentabilidade” o qual é tão propagado no mundo do agronegócio da cana em São Paulo. Mesmo diante de novos discursos e tecnologias ambientais promovidos pelos setores dessa área, ainda existem muitas tensões entre conservar a natureza e manter o lucro, deixando de lado as questões do meio ambiente e as necessidades da comunidade. O artigo mostra como estratégias tidas como sustentáveis podem funcionar mais como uma “desculpa” conveniente para mascarar

problemas antigos e desigualdades, ao invés de realmente transformar práticas e promover justiça socioambiental. Assim, Ulrich aponta a importância do debate crítico e da participação efetiva das populações locais nos rumos da canavieira sustentável (Ulrich, 2023).

A partir da análise crítica dos estudos reunidos neste dossiê, fica evidente que a cana-de-açúcar, ao longo de sua história no Brasil e na América Latina, é muito mais do que uma commodity agrícola: constitui um fenômeno sociotécnico fortemente entrelaçado com questões históricas, ambientais e, sobretudo, sociais. O enfoque CTS permite compreender como a produção canavieira não apenas transformou paisagens e economias, mas também estruturam relações de poder, desigualdade e exclusão. No caso da área de Ciências da Natureza, essa preocupação se manifesta na análise das potencialidades e limitações da abordagem CTS/CTSA para o ensino de energia no Ensino Médio (Silva, 2022). Os resultados da avaliação do material indicam aceitação positiva, reforçando que práticas metodológicas inovadoras podem contribuir de forma significativa para uma educação científica mais crítica, participativa e alinhada com as demandas do mundo contemporâneo.

A abordagem das questões sociocientíficas relacionadas à cana-de-açúcar, como exemplificado por Gomes e Lopes (2025), mostra o potencial desse tema para articular, no ensino de Ciências, história, sociedade e tecnologia criando debates sobre racismo estrutural, justiça social, condições de trabalho e participação social. Essa perspectiva ampliada incentiva a reflexão crítica, convidando os estudantes a perceber tanto os avanços quanto os inúmeros desafios sociais e ambientais que atravessam a cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro. Ao colocar raça, gênero e justiça social como dimensões centrais, a prática educativa se fortalece, indo além do simples repasse de conteúdos científicos para promover debates éticos e políticos sobre o papel da ciência na transformação social e no combate às desigualdades (Gomes; Lopes, 2025).

Quadro 1: Referências utilizadas na elaboração do dossiê da cana-de-açúcar no Brasil e na América Latina

Tema Principal	Título	Subtema/Aspecto	Descrição Objetiva	Tipo de Documento	Fonte/Link	Observações/Comentários
Histórico	História e produtos da cana-de-açúcar: um breve relato	História da cana-de-açúcar e seus produtos	Apresenta um relato breve sobre a trajetória histórica da cana-de-açúcar e a diversidade de seus produtos derivados, abordando aspectos	Artigo	SANTANA, Tammires Lorena Costa et al. História e produtos da cana-de-açúcar: um breve relato. Education, v. 2020, 2015.	O artigo oferece uma visão geral e educativa sobre a história da cana e seus usos, sendo adequado para contextos acadêmicos e didáticos que enfatizam a

			culturais e econômicos.		https://downloads.edi.oracientifica.com.br/articles/220207897.pdf	compreensão histórica e a valorização dos produtos da cana-de-açúcar.
Histórico	A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil perspectivas geográficas, histórica e ambiental	Perspectivas geográficas, histórica e ambiental da cana-de-açúcar no Brasil	Análise da trajetória da cana-de-açúcar no Brasil considerando sua expansão geográfica, contexto histórico e impactos ambientais, com ênfase nas características regionais da produção e relevância socioeconômica	Livro/Artigo acadêmico	RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográficas, histórica e ambiental. Edufu, 2020. https://books.scielo.org/id/2hfcy/pdf/rodrigues-9786558240112.pdf	Trata-se de uma obra abrangente que integra múltiplas perspectivas para compreender a complexidade da cultura da cana no Brasil, sendo essencial para estudos que envolvam sua história, aspectos ambientais e geográficos.
Histórico	A economia açucareira e o processo de exploração desde o Brasil-Colônia	Economia açucareira no Brasil-Colônia e o processo de exploração	Análise do ciclo da economia açucareira no Brasil colonial, destacando o uso da mão de obra escravizada, o sistema de plantation, a concentração de terra e poder econômico, e as relações de exploração socioeconômica envolvidas	Artigo	DE OLIVEIRA SHIMADA, Shiziele. A economia açucareira e o processo de exploração desde o Brasil-Colônia. Scientia Plena, v. 9, n. 5, 2013. https://www.scientiapiena.org.br/sp/article/view/1228	Apresenta uma reflexão crítica sobre a base econômica colonial, mostrando como a produção de açúcar moldou a estrutura social e econômica do Brasil-colônia, com forte dependência do trabalho escravo e monopólio metropolitano.
Histórico	A EVOLUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE CANAVIEIRA EM PAÍSES SELECIONADOS DA AMÉRICA LATINA	Evolução da atividade canavieira na América Latina (Argentina, México e Brasil)	Principais regiões e períodos	Monografia acadêmica	MAIANTE, Mariana Gomes. A evolução e caracterização da atividade canavieira em países selecionados da América Latina. 2011. https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f3fb4d64-83cc-45c2-8ee5-920388c25919/content	Trabalho comparativo que amplia a compreensão da cana-de-açúcar na América Latina, evidenciando aspectos históricos, econômicos e produtivos importantes para estudos regionais e temáticos.
Histórico	A IMPORTÂNCIA DA PLANTATION AÇUCAREIRA NO BRASIL COLONIAL	Plantation açucareira no Brasil-Colônia	Análise da estrutura física e cultural da plantation açucareira no Brasil colonial, seu processo de implantação, expansão econômica e influência no comércio mundial dos séculos XVI e XVII, além do seu declínio.	Trabalho de Conclusão de Curso	DA SILVA, Victor Andrade. A Importância da Plantation Açucareira no Brasil Colonial. Repositório de Trabalhos de Conclusão de Curso, 2019. https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriottcc/article/view/1662	O trabalho destaca as motivações da coroa portuguesa para a implantação da cultura açucareira, dificuldades iniciais, e o papel da plantation no desenvolvimento econômico, social e territorial do Brasil colonial.

Dimensão Histórica	As Ilhas e a expansão da cultura e tecnologia da cana-de-açúcar no Atlântico nos séculos XV a XIX	Expansão da cultura e tecnologia da cana	Estudo histórico sobre a origem e expansão da cana-de-açúcar no Atlântico entre os séculos XV e XIX destaca as ilhas atlânticas, especialmente Madeira, como centros de difusão da cultura e tecnologia para outras regiões, incluindo o Brasil colonial. O estudo também ressalta inovações tecnológicas e a consolidação do escravismo nas economias açucareiras.	Artigo	VIEIRA, Alberto. As Ilhas e a expansão da cultura e tecnologia da cana-de-açúcar no Atlântico nos séculos XV a XIX. Labor e Engenho, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2007. https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.htm?task=detalhes&source=all&id=W2621305629	O trabalho mostra a importância dos espaços insulares na difusão tecnológica e econômica da cana-de-açúcar, indicando a relevância das rotas atlânticas para a história do açúcar no Brasil e em outras regiões.
Aspectos sociais e históricos	Da construção dos engenhos de cana-de-açúcar à espacialidade negra: geografizando sobre o Crato-CE	Espaços sociais e memória negra nos engenhos	O artigo analisa a construção dos engenhos de cana-de-açúcar no Crato (CE) e sua relação com a espacialidade negra, evidenciando o papel das comunidades negras na formação social e econômica local, além da memória dos trabalhadores e das dinâmicas sociais relacionadas ao trabalho escravo e a cultura da cana no Cariri.	Artigo	DA SILVA, Rafael Ferreira; DA SILVA, Meryelle Macedo; JUNIOR, Henrique Cunha. Da construção dos engenhos de cana-de-açúcar à espacialidade negra: geografizando sobre o Crato-CE. Revista de Gestão e Secretariado, v. 15, n. 8, p. e4171-e4171, 2024. https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4171/2653	Ressalta a importância dos engenhos como espaços de trabalho e resistência das populações negras, destacando também a decadência da economia local com transformação no modelo produtivo regional.
História econômica colonial	HERANÇA COLONIAL, INSTITUIÇÕES & DESENVOLVIMENTO: UM ESTUDO SOBRE A DESIGUALDADE ENTRE OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS	Importância econômica histórica	Análise histórica dos ciclos econômicos coloniais da cana-de-açúcar e do ouro, destacando suas características institucionais e sociais, como o uso massivo de mão de obra escrava no sistema plantation, a concentração fundiária, a estrutura social desigual nos engenhos e a mobilidade social relativa da mineração. O estudo também aborda os impactos institucionais de	Dissertação de Mestrado	NARITOMI, Joana. Herança colonial, instituições & desenvolvimento: um estudo sobre a desigualdade entre os municípios brasileiros. 2007. 62 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: https://www.maxwell.vr.ac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=10615&idi1=&rc=1	Documento de referência acadêmica que contribui para a compreensão da formação econômica e social do Brasil colonial, com ênfase nos aspectos institucionais e nas relações de trabalho escravo nos ciclos produtivos.

			longo prazo decorrentes desses ciclos na economia e política brasileira.			
Relação com a escravidão	Escravidão no Período Colonial: a vida dos negros nos engenhos de açúcar.	Vida dos negros nos engenhos de açúcar	Analisa as condições de vida e trabalho dos negros escravizados nos engenhos de açúcar no Brasil colonial, destacando as duras jornadas, doenças, castigos e resistência cotidiana	Artigo	DE MORAES, Vanessa Neves. Escravidão no Período Colonial: a vida dos negros nos engenhos de açúcar. Revista Espaço Livre, v. 13, n. 25, p. 98-106, 2018. https://redelp.net/index.php/rel/article/view/290	Explora o contexto social e econômico da escravidão nos engenhos, evidenciando a exploração e formas de resistência dos escravizados no ciclo do açúcar.
Relação com a escravidão	A influência do trabalho escravo nos engenhos e nas fazendas de cana de açúcar no estado de Mato Grosso no século XVIII e XIX).	Trabalho escravo nos engenhos e fazendas de cana no Mato Grosso	Discute a importância e influência do trabalho escravo na produção de açúcar e aguardente no Mato Grosso, destacando a implantação das fazendas e engenhos no século XVIII e XIX, além da influência econômica e sociopolítica dos senhores de engenho	Artigo	DE ALMEIDA, Leandro; DE OLIVEIRA, Milton César Neres. A influência do trabalho escravo nos engenhos e nas fazendas de cana de açúcar no estado de Mato Grosso no século XVIII e XIX). Revista Campo do Saber, v. 5, n. 2, 2019./ https://periodicos.iesp.edu.br/campodosaber/article/view/306	O artigo aborda o papel dos grandes proprietários e a dinâmica social do trabalho escravo, tratando da inserção regional no ciclo econômico da cana, e também evidencia o legado cultural e a importância política dos usineiros na região
Relação com a escravidão	O açúcar amargo: Suor, sangue e lágrimas nos engenhos.	Condições de trabalho e vida dos escravizados nos engenhos de açúcar no Brasil colonial	Analisa as difíceis condições de vida e trabalho dos escravizados no processo produtivo do açúcar, destacando a exploração, a violência, os riscos ocupacionais e as formas de resistência desses trabalhadores nos engenhos nordestinos e sudestinos durante os séculos XVII a XIX	Artigo	SOUZA, Rafael de Freitas. O açúcar amargo: Suor, sangue e lágrimas nos engenhos. Varia Historia, v. 39, p. e23103, 2023. https://www.scielo.br/vh/a/J78YQTr9ssvPDFj9Mq5k3kp/?format=html&lang=pt	O artigo apresenta um panorama crítico que desmistifica a ideia de relações escravistas “doces” e evidencia o sofrimento, conflito e resistência na produção açucareira, sendo fundamental para estudos sobre trabalho escravo e história social do Brasil colonial.
Relação com a escravidão	Por que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar é a que mais escraviza pessoas no Brasil?	Trabalho escravo na cana-de-açúcar	Aborda o aumento do trabalho análogo à escravidão na cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil atualmente, destacando terceirização ilegal, condições degradantes de trabalho,	Notícia	BRASIL DE FATO. Por que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar é a que mais escraviza pessoas no Brasil? 2023. Disponível em: < https://www.brasilefato.com.br/2023/03/15/por-que-a-cadeia-produtiva-da-cana-de-acucar-e-a-que-mais-escraviza-pessoas-no-brasil	Explica que a precária condição de trabalho na cana-de-açúcar é histórica, com agravantes recentes como terceirização e crises econômicas, sendo o setor com maior número de resgatados.

			endividamento e exploração.		il/ . Acesso em: 22 out. 2025.	
Relação com a escravidão	História - O destino dos negros após a Abolição.	Destino dos negros após a abolição	Aborda as condições socioeconômicas dos negros libertos após a abolição da escravatura no Brasil, destacando a exclusão social, racismo estrutural e ausência de políticas públicas efetivas para sua integração.	Artigo/Relatório	INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). História - O destino dos negros após a Abolição. IPEA, 2011. Disponível em: < https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2673%3Acetid%3D28 >. Acesso em: 22 out. 2025.	Descreve a marginalização, pobreza e dificuldades enfrentadas pelos ex-escravizados, além das bases históricas do racismo estrutural no Brasil, fundamental para entender o contexto pós-abolição.
Relação com a escravidão	LIBERTOS, MAS NÃO LIVRES: A EXCLUSÃO SOCIAL DOS EXESCRAVIZADOS NO BRASIL PÓS-ABOLIÇÃO.	Exclusão social pós-abolição	Analisa o processo de exclusão social dos ex-escravizados no Brasil após a abolição da escravidão, evidenciando o abandono estatal, a marginalização racializada, a ausência de políticas públicas efetivas e a resistência negra	Artigo	GAETA ALEIXO, Lúcia Helena. LIBERTOS, MAS NÃO LIVRES: A EXCLUSÃO SOCIAL DOS EXESCRAVIZADOS NO BRASIL PÓS-ABOLIÇÃO. Connection Line, n. 33, 2025./ https://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/2908	Destaca que a liberdade jurídica não significou liberdade social, mostrando as persistentes desigualdades, racismo estrutural e desafios enfrentados pelos libertos e seus descendentes.
Relação com a escravidão	RESISTÊNCIA NEGRA E PÓS ABOLIÇÃO NO BRASIL.	Resistência negra pós-abolição	Analisa os processos de resistência da população negra diante da exclusão social pós-abolição, destacando a luta contra o racismo estrutural, epistemicídio e marginalização	Artigo	DA CONCEIÇÃO, Ludmila Jardim; DE LIMA, Karoline Martins; DE LIMA SOARES, José. RESISTÊNCIA NEGRA E PÓS ABOLIÇÃO NO BRASIL. Emblemas, v. 16, n. 2, 2019. https://periodicos.ufcat.edu.br/emblemas/article/view/52669	Baseado em autores como Florestan Fernandes, evidencia que a resistência negra é uma continuação da luta contra a exclusão, racismo e por direitos sociais.
Tráfico de escravos	O tráfico de escravos para a América Latina: um balanço historiográfico	Tráfico negreiro e escravidão na história latino-americana	Análise historiográfica do tráfico de escravos africanos para a América Latina, abordando seu impacto social e econômico no período colonial	Livro/Acadêmico	ANDREWS, George Reid; DE LA FUENTE, Alejandro. Estudos afro-latino-americanos : uma introdução. 2018. https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/s/20181206024023/EstudiosAfro_PT.pdf	Contextualiza o histórico da mão de obra escrava ligada à cana-de-açúcar na América Latina
Aspectos sociais	Trabalhadores livres e escravos: mestiçagem, trabalho e a	Mestiçagem, trabalho e formação de identidade social no Cariri Cearense	Analisa a construção histórica da identidade "cabra" como categoria social e étnica	Artigo/dissertação	CORTEZ, Ana Sara Ribeiro Parente. Trabalhadores livres e escravos: mestiçagem, trabalho	Este estudo contribui para a compreensão das dinâmicas sociais e étnicas no Brasil rural do século XIX, mostrando as

	construção de uma identidade "cabra"(Cariri Cearense, 1850-1900).		formada por trabalhadores livres e escravos na região do Cariri Cearense, entre 1850 e 1900, destacando as relações de trabalho e a segregação social e cultural		e a construção de uma identidade "cabra"(Cariri Cearense, 1850-1900). 2013./ https://www.snh2013.anpuh.org/resources/ais/27/1363342424_A_RQUIVO_ArtigoAnpuh2013_AnaSaraCortez.pdf	relações entre trabalho, identidade e poder na formação das comunidades do Nordeste brasileiro.
Aspectos sociais	Cortadores de cana e os (não) direitos.	Direitos dos trabalhadores da cana-de-açúcar	Analisa a condição de trabalho dos cortadores de cana no Brasil, destacando a precariedade de direitos trabalhistas, as violações frequentes, a falta de proteção social e a exploração que caracteriza essa mão de obra majoritariamente rural, migrante e vulnerável socialmente.	Artigo	DE MORAES SILVA, Maria Aparecida. Cortadores de cana e os (não) direitos. TRAVESSIA-revista do migrante, v. 21, n. 61, p. 26-36, 2008. https://travessia.emnuvens.com.br/travessia/article/view/521	Enfoca a invisibilidade social desses trabalhadores e os desafios para a efetivação de seus direitos, tendo relevância para políticas públicas e direitos humanos.
Aspectos sociais	O TRABALHO NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO NO SÉCULO XXI: UMA ANÁLISE A PARTIR DO RADAR-SI	Trabalho no setor sucroenergético	Análise a partir dos dados do RADAR-SIT sobre as condições de trabalho no setor sucroenergético brasileiro no século XXI, incluindo dinâmicas de emprego, precarização, impactos sociais e econômicos da cadeia produtiva, com enfoque nas regiões produtivas como São Paulo e Centro-Sul.	Artigo	SILVA, Laís Ribeiro. O TRABALHO NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO NO SÉCULO XXI: uma análise a partir dos dados do RADAR-SIT. PEGADA-A Revista da Geografia do Trabalho, v. 26, n. 1, p. 214-231, 2025. https://revista.fct.unesp.br/index.php/pegada/article/view/10761	Trabalho recente que utiliza dados oficiais para mostrar tendências e desafios do setor, importante para estudos sociais e econômicos do trabalho rural contemporâneo.
Aspectos sociais	No mundo da cana-de-açúcar com o lápis na mão: Trajetórias escolares na Usina de Açúcar Bom Jesus (Cabo de Santo Agostinho/PE – 1990)	Trajetórias escolares na Usina Bom Jesus	Análise das trajetórias escolares de trabalhadores e familiares na Usina de Açúcar Bom Jesus, enfatizando as condições sociais e educacionais no ambiente da usina, sua influência nas vidas dos trabalhadores e o impacto da dinâmica social do trabalho na escolarização.	Artigo	SILVA, Anderson. No mundo da cana-de-açúcar com o lápis na mão: Trajetórias escolares na Usina de Açúcar Bom Jesus (Cabo de Santo Agostinho/PE–1990). Vozes, Pretérito & Devir: Revista de historia da UESPI, v. 16, n. 1, p. 85-103, 2023. https://revistavozes.ue	O estudo contribui para a compreensão da relação entre trabalho rural, educação e a reprodução das desigualdades sociais na região do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.

					spi.br/index.php/revista/vozes/article/view/471/413	
Aspectos sociais	Terra e Poder: A Violência Estrutural do Campo Brasileiro	Violência estrutural na questão agrária	Disputas por terra, trabalho e direitos	Texto jornalístico: Reportagem/notícia	REDE DE ESTUDOS RURAIS. Terra e poder: a violência estrutural do campo brasileiro. Redes Rurais, 24 mar. 2025. Disponível em: https://redesrurais.org.br/terra-e-poder-a-violencia-estrutural-do-campo-brasileiro/ . Acesso em: 23 out. 2025.	Documento rico em dados históricos e atuais que contextualizam a dinâmica da luta por terra e os conflitos no meio rural brasileiro, incluindo casos recentes e a defesa dos direitos humanos no campo.
Aspectos econômicos	South America Sugar Cane Market Report 2025	Mercado da cana-de-açúcar na América do Sul e Brasil em 2024	Análise do tamanho de mercado, valor econômico estimado em USD 435,93 milhões em 2024, e perspectivas de crescimento, destacando a liderança do Brasil como maior produtor mundial, fatores econômicos, investimentos em infraestrutura e tecnologias agrícolas	Relatório de mercado/setorial	COGNITIVE MARKET RESEARCH. South America Sugar Cane Market Report. Disponível em: https://www.cognitive-marketresearch.com/regional-analysis/south-america-sugar-cane-market-report . Acesso em: 21 out. 2025.	O relatório fornece dados atualizados e projeções para o mercado da cana, sendo útil para estudos econômicos, planejamento estratégico e análises de mercado do setor sucroenergético.
Aspectos econômicos	Cana-de-açúcar no Brasil.	Economia atual da cana no Brasil e América Latina	Dados sobre produção e mercado	artigo científico de caráter didático	DE MEDEIROS, Jucelio Kulmann. Cana-de-açúcar no Brasil. Revista de Educação a Distância do IFSC, v. 1, n. 5, p. 40-54, 2024. https://ojs.ifsc.edu.br/index.php/eadifsc/article/download/3783/4818/17111	O artigo apresenta panorama atualizado da produção de cana no Brasil, seu impacto socioeconômico, inclusão da produção artesanal e familiar no Rio Grande do Sul, além de destacar avanços tecnológicos e contextos socioambientais.
Aspectos econômicos	Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores.	Economia atual da cana-de-açúcar no Brasil e seus impactos na agricultura	Analisa os efeitos da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre a agricultura nos principais estados produtores, destacando a substituição de culturas alimentares e mudanças nos sistemas produtivos regionais	Artigo	AGUIAR, Cristiane de Jesus; SOUZA, Paulo Marcelo de. Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores. Revista Ceres, v. 61, p. 482-493, 2014. https://www.scielo.br/j/rceres/a/dwVBqtRvxcg4LqVcX9CSYGy/?lang=pt	Esse artigo apresenta uma visão crítica dos impactos socioeconômicos da expansão da cana, apontando redução da diversidade agrícola e possíveis consequências para a agricultura familiar e segurança alimentar.

Aspectos econômicos	Uma Bioeconomia para a América Latina	Bioeconomia na América Latina: apropriação e valor	Análise crítica sobre a bioeconomia como proposta para conciliar crescimento econômico e sustentabilidade na América Latina, discutindo a apropriação capitalista, a produção de escassez, patentes, desigualdades históricas entre países e potenciais desafios para que a bioeconomia efetive suas promessas de desenvolvimento e liderança global.	Artigo	ANDRADE, Tiago et al. Uma Bioeconomia para a América Latina: apropriação capitalista e criação de valor. ÍANDÉ: Ciências e Humanidades, v. 7, n. 1, p. 36-63. https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/iande/article/view/896	O texto destaca o papel ambíguo da bioeconomia no contexto latino-americano, alertando para riscos de manter desigualdades socioeconômicas, apesar das aspirações de sustentabilidade e inovação.
Aspectos socioambientais	Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás	Expansão da cana-de-açúcar e seus impactos socioeconômicos e ambientais no Norte de Goiás	Avalia o crescimento da área cultivada, os efeitos sobre o emprego, a renda, as condições de trabalho e a saúde, assim como a substituição de culturas e as consequências ambientais da expansão da agroindústria canavieira na região	Dissertação de mestrado/artigo científico	CUNHA, Gabriela Nobre et al. Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás. 2021./ https://tede2.pucgoias.edu.br/handle/tede/4800#preview-link0	O estudo destaca o avanço da cana sobre o Cerrado, problemas de condições laborais e o deslocamento de produtores familiares, mostrando um panorama crítico da expansão canavieira nesta região.
Aspectos socioambientais	Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala	Avaliação ambiental, econômica e social	Avalia os impactos ambientais, sociais e econômicos da produção de etanol e biodiesel em quatro países latino-americanos, com análise da redução de emissões de GEE e viabilidade econômica.	Artigo	CANABARRO, Nicholas Islongo et al. Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala. Renewable Energy Sustainable Energy Reviews, v. 171, p. 113019, 2023. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113019	Aborda bioenergia regionalmente, incluindo balanço energético, redução de emissões e políticas públicas relevantes.
Conflito socioambiental	SP – Cultivo da cana-de-açúcar segue sendo prejudicial à saúde e à vida dos trabalhadores	Impactos do cultivo da cana na saúde do trabalhador	O trabalho nos canais do interior paulista, sobretudo em Ribeirão Preto, envolve jornadas exaustivas, condições degradantes, adoecimento por agrotóxicos e queimadas, além de frequentes casos de	Relatório / Artigo	MAPA DE CONFLITOS EM SAÚDE PÚBLICA. SP - Cultivo da cana-de-açúcar segue sendo prejudicial à saúde e à vida dos trabalhadores. Rio de Janeiro: Fiocruz. Disponível em: https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/confli	Este caso evidencia a conexão entre agronegócio, injustiça ambiental e vulnerabilidade social, destacando a persistência de práticas degradantes e a necessidade de políticas públicas efetivas para assegurar saúde e direitos dos trabalhadores

			trabalho análogo à escravidão e concentração fundiária. Movimentos sociais denunciam as violações, mas a precariedade persiste em grande parte do setor.		to/sp-cultivo-da-cana-de-acucar-segue-send-o-prejudicial-a-saude-e-a-vida-dos-trabalhadores/ Acesso em: 23 out. 2025.	rurais no setor sucroalcooleiro.
Dimensão ambiental	Avaliação de impactos ambientais de diferentes sistemas de produção de cana-de-açúcar: convencional e conservacionista.	Avaliação ambiental sistemas cana -	Artigo que compara sistemas de cultivo de cana (convencional e plantio direto em rotação com soja) mostra que o convencional tem maior impacto climático, enquanto o conservacionista tem maior depleção fóssil, mas garante desempenho ambiental globalmente superior.	Artigo	BARRANTES, L. de S. et al. Avaliação de impactos ambientais de diferentes sistemas de produção de cana-de-açúcar: convencional e conservacionista. 2015. https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1007489/1/2014AA59.pdf	Trabalho financiado pela EMBRAPA, UTFPR e outros parceiros, destaca a importância de práticas agrícolas sustentáveis na cultura canavieira visando melhorias ambientais e competitividade no mercado internacional.
Dimensão ambiental	A CANA-DE-AÇÚCAR PERMEANDO PELO CENTRO DE MEMÓRIA DO INSTITUTO BIOLÓGICO	Manejo sustentável e controle de pragas na cultura da cana-de-açúcar	Estudos sobre práticas agrícolas e uso de resíduos da agroindústria para melhorar o manejo da cana, reduzindo impactos ambientais e custos produtivos	Artigo	D'AGOSTINI, S. et al. Revista Páginas do Instituto Biológico./ https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/pag/v5_1/dagostini.html	Aborda aspectos técnicos relacionados ao manejo da cultura da cana-de-açúcar, com destaque para o uso sustentável de subprodutos agrícolas e controle de pragas, especialmente focando em práticas inovadoras e ambientalmente responsáveis.
Dimensão ambiental	The Substitute and the Excuse: Growing Sustainability, Growing Sugarcane in São Paulo, Brazil By Katie Ulrich	Sustentabilidade e expansão da cana	O artigo explora a produção de combustíveis renováveis e materiais a partir da cana-de-açúcar em São Paulo, destacando as práticas científicas e tecnológicas que visam aumentar a sustentabilidade da cultura e da produção, enfrentando paradoxos ambientais e sociais.	Artigo	ULRICH, Katie. The substitute and the excuse: Growing sustainability, growing sugarcane in São Paulo, Brazil. Cultural Anthropology, v. 38, n. 4, p. 439–466. 2023. https://journal.culanth.org/index.php/ca/article/view/5428	A autora discute como a produção flexível e as inovações tecnológicas são usadas para sustentar a economia açucareira, ao mesmo tempo que questiona os verdadeiros impactos ambientais.

CTS/CTSA no Ensino de Ciências da Natureza	Abordagem CTS/CTSA no ensino de ciências da natureza: um módulo didático para o estudo de energia	Ensino interdisciplinar, módulos didáticos, energia, avaliação docente	Analisa potencialidades e limitações da abordagem CTS/CTSA para o ensino de energia, por meio da elaboração, validação e aplicação de módulo didático interdisciplinar com professores do Ensino Médio	Dissertação de mestrado	SILVA, Tairine Maia. Abordagem CTS/CTSA no ensino de ciências da natureza: um módulo didático para o estudo de energia. 2022. 118 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2022. Disponível em: < http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2020/dissertacao-tairine-maia-silva.pdf >. Acesso em: 10 nov. 2025	Apresenta revisão sistemática, estratégias pedagógicas e resultados detalhados.
Ensino de Ciências, Justiça Social e CTS	As questões sociocientíficas sobre a cana-de-açúcar como tema para o Ensino de Ciências como justiça social	QSC, justiça social, relações étnico-raciais, ensino interdisciplinar	O artigo investiga o potencial das questões sociocientíficas sobre a cana-de-açúcar para promover debates de justiça social, abordando temas de raça, gênero, trabalho e cidadania no ensino de Ciências.	Artigo	GOMES, Amanda Eloisa Ribeiro; LOPES, Nataly Carvalho. As questões sociocientíficas sobre a cana-de-açúcar como tema para o Ensino de Ciências como justiça social. <i>Ciência & Educação (Bauru)</i> , v. 31, p. e25042, 2025. https://www.scielo.br/ijciedu/a/DyQnXyZ5qZpCjMwk7RY7m5D/?lang=pt	Discorre sobre experiências didáticas e fundamentação teórica usando CTS e justiça social no contexto brasileiro.

Fonte: Elaborado pela autora.

8. CONCLUSÕES

A criação deste dossiê analítico sobre a cultura da cana no Brasil e na América Latina revela como essa temática engloba desafios complexos, tanto sociais quanto científicos, que moldam a sociedade de hoje, conectando passado e herança colonial, efeitos no meio ambiente, uso da mão de obra, preconceito racial, conflitos econômicos e batalhas por igualdade social. Chegamos à conclusão de que esse tema, ao ser associado à perspectiva CTS, oferece um vasto leque de possibilidades no aprendizado das ciências.

Ao estruturar as pesquisas em sete tipos de categorias, ficou claro que a cana-de-açúcar vai além de uma simples "ilustração". Ela funciona como um elo que une ideias das Ciências Naturais a temas como etnia, identidade de gênero, posição social, espaço

geográfico e regime democrático. Isso possibilita um ensino que supera a neutralidade e o excesso de informações, caminhando para uma formação mais reflexiva, ligada à realidade e engajada na mudança da sociedade.

É fundamental que os estudantes desenvolvam habilidades de análise crítica, capazes de revelar as relações entre tecnologia no campo, políticas públicas, estratégias empresariais e seus efeitos sociais e ambientais, permitindo que ajam com sabedoria e responsabilidade em relação ao mundo ao seu redor. Além disso, essa pesquisa demonstrou que a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade impulsiona o desenvolvimento de pontos cruciais da equidade social na educação. Isso ocorre ao integrar e aprofundar essa reflexão com base nos trabalhos de pensadores como Paulo Freire, Nancy Fraser, Aimé Césaire e Frantz Fanon, que abordam temas como questões raciais, identidade de gênero, as consequências do colonialismo e a exploração nas relações de trabalho no setor rural.

Diante disso, o aprendizado de Ciências que utiliza a cana relacionada a educação CTS/CTSA com a Questão Sociocientífica, podem transformar métodos focados apenas no conteúdo e fora de contexto. Tal abordagem estimula uma reflexão profunda sobre como ciência, tecnologia, poder e os hábitos de vida se entrelaçam nas áreas de cultivo de cana no Brasil e em toda a América Latina. Dessa forma, o estudo da cana-de-açúcar se apresenta como um caminho atraente para formar estudantes capazes de compreender os dilemas socioambientais contemporâneos, reconhecer o peso de questões raciais, de gênero e de classe nesses cenários, e participar, de forma crítica e cooperativa, nos debates e decisões democráticas sobre o futuro da produção de energia, alimentos e postos de trabalho na sociedade.

Estudos futuros podem expandir esses achados através de exames práticos dentro do ambiente escolar, do tipo de planejamentos de ensino, trabalhos que juntem diversas matérias ou práticas de ensino que usem a cana como tema social e científico em diversas fases do aprendizado. Igualmente relevantes seriam comparações entre colégios rurais e urbanos, assim como pesquisas que unam mais diretamente a atuação de alunos, docentes e populações impactadas pelo cultivo único, visando estimar forças e fraquezas de um ensino de ciência guiado pela equidade social e pela ótica CTS/CTSA.

9. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Cristiane de Jesus; SOUZA, Paulo Marcelo de. Impactos do crescimento da produção de cana-de-açúcar na agricultura dos oito maiores estados produtores. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 4, p. 482-493, 2014.
- ALMEIDA, Leandro; OLIVEIRA, Milton César Neres. A influência do trabalho escravo nos engenhos e nas fazendas de cana de açúcar no estado de Mato Grosso no século (XVIII e XIX). **Revista Campo do Saber**, v. 5, n. 2, 2019.
- AMORIM, Liane Alves de. **Memórias e trajetórias de trabalhadores da cana-de-açúcar na Bahia (1909-1969)**. 2008. Dissertação (Mestrado em História) - Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.
- ANDRADE, Tiago et al. Uma Bioeconomia para a América Latina: apropriação capitalista e criação de valor. **ÂNDÉ: Ciências e Humanidades**, v. 7, n. 1, p. 36-63, 2023.
- ANDREWS, George Reid; DE LA FUENTE, Alejandro. **Estudos afro-latino-americanos: uma introdução**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CLACSO, 2018.
- ARRUZZA, Cinzia; BHATTACHARYA, Tithi; FRASER, Nancy. **Feminismo para os 99%: um manifesto**. São Paulo : Boitempo editorial, 2019.
- AZAMBUJA MARASCHIN, André; LINDEMANN, Renata Hernandez. Articulações entre CTS e Freire na Educação em Ciências: proposições e discussões evidenciadas entre 2006-2020. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 18, n. 1, p. 96-113, 2023.
- BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo (la reto, & a. Pinheiro, trad.) Lisboa: edições 70. **Publicação original**, 1977.
- BARRANTES, L. S.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; RAMOS, N. P. Avaliação de impactos ambientais de diferentes sistemas de produção de cana-de-açúcar: convencional e conservacionista. In: **CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO PELO CICLO DE VIDA**, 4., 2014, São Bernardo do Campo, SP. Anais [...]. São Bernardo do Campo: IV CBGCV, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1007489/1/2014AA59.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2025.
- BORGES, Luiz Fernando Dos Santos *et al.* Impactos ambientais e sociais causados pela queima da cana-de-açúcar. **Monumenta-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. 73-83, 2020.
- BORTOLI, Sergio Antônio de *et al.* Aspectos biológicos e dano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794)(Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 267-273, 2005.
- BRASIL DE FATO. Por que a cadeia produtiva da cana-de-açúcar é a que mais escraviza pessoas no Brasil? São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2023/03/15/por-que-a-cadeia-produtiva-da-cana-de-acucar-e-a-que-mais-escraviza-pessoas-no-brasil>. Acesso em: 22 out. 2025.

CANABARRO, Nicholas Islongo et al. Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 171, p. 113019, 2023.

CARDOSO, Juliana Pena Teixeira; BATISTA, Gustavo Araújo. A PESQUISA DOCUMENTAL NO ÂMBITO DAS POLÍTICAS EDUCACIONAIS: CONCEITOS E DISCUSSÕES. **Cadernos da FUCAMP**, v. 29, 2024.

CARVALHO, Lizete. **Formação de professores e questões sociocientíficas no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012.

CASTELIANI, Aleksandro. **Aspectos comportamentais de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar e ocorrência natural de nematoides entomopatogênicos na população do inseto**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio, São Paulo, 2019.

CAUMO, Alessandra Juliana *et al.* Corte manual da cana-de-açúcar sob uma perspectiva de gênero: um estudo de caso no município de Mirandópolis-sp. **Redes. Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 1, p. 182-202, 2012.

CÉSAIRE, Aimé. **Discurso sobre o colonialismo**. Tradução de Claudio Willer. **São Paulo: Veneta**, 2020.

CÉSAIRE, Aimé. **Discurso sobre a negritude**. Belo Horizonte: Nandyala, v. 3, 2010.

CÉSAIRE, Aimé; SCHIARETTI, Christian. **La tragédie du roi Christophe**. Paris: Présence africaine, 1970.

COGNITIVE MARKET RESEARCH. South America Sugar Cane Market Report. Disponível em: <https://www.cognitivemarketresearch.com/regional-analysis/south-america-sugar-cane-market-report>. Acesso em: 21 out. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Produção de cana-de-açúcar na safra 2025/26 é atualizada para 668,8 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-cana-de-acucar-na-safra-2025-26-e-atualizada-para-668-8-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 29 out. 2025.

CONCEIÇÃO, Ludmila Jardim; DE LIMA, Karoline Martins; DE LIMA SOARES, José. RESISTÊNCIA NEGRA E PÓS ABOLIÇÃO NO BRASIL. **Emblemas**, v. 16, n. 2, 2019.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: Edufba, 2018.

CORTEZ, Ana Sara Ribeiro Parente. **Trabalhadores livres e escravos: mestiçagem, trabalho e a construção de uma identidade “cabra” (Cariri Cearense, 1850 - 1900)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 27., 22-26 jun. 2013, Natal (RN). Anais... Natal (RN): ANAPUH, 2013.

CUNHA, Fátima Sueli Ribeiro. **A pesquisa na formação inicial de professores de Ciências no Timor-Leste: Contribuições do Grupo de Estudos sobre Ensino de Ciências e Tecnologia (GEECITE)**. 2017. (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CUNHA, Gabriela Nobre. **Expansão e impactos da cana-de-açúcar na região norte de Goiás**. 2021. 117 f. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Direito, Negócios e Comunicação, Goiânia, 2021.

D'AGOSTINI, S. D.; REBOUÇAS, M. M. FILHO, AB; VITIELLO; N. A cana-de-açúcar permeando pelo centro de memória do instituto biológico. **Revista Páginas do Instituto Biológico**, v. 5, n. 1, 2009.

DOSSIÊ. Dicio, Dicionário Online de Português. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/dossie/>>. Acesso em: 06 nov. 2025.

EVANGELISTA, Cristiano Ramos *et al.* Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1549-1562, 2013.

EVARISTO, Conceição. **Ponciá Vicêncio** [recurso eletrônico]. 1. ed. Rio de Janeiro: Pallas, 2020.

FANON, Frantz. **Pele negra, máscaras brancas**. Tradução de Renato da Silveira. Prefácio de Lewis R. Gordon. Salvador: EDUFBA, 2008.

FERNANDES, Isabel Marília Borges; PIRES, Delmina Maria; DELGADO-IGLESIAS, Jaime. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais no 6º ano de escolaridade. **Ciências & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018.

FONTANETTI, Carmem Silvia; BUENO, Odair Correa. Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica. **Bauru, SP: Canal**, v. 6, n. 1, 2017.

FRASER, Nancy. **Justiça interrompida: Reflexões críticas sobre a condição" pós-socialista"**. Boitempo Editorial, 2022.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2021.

GAETA ALEIXO, Lúcia Helena. LIBERTOS, MAS NÃO LIVRES: A EXCLUSÃO SOCIAL DOS EX ESCRAVIZADOS NO BRASIL PÓS-ABOLIÇÃO. **Connection Line**, n. 33, 2025.

GIL, Antonio Carlos *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Amanda Eloisa Ribeiro. **A cana-de-açúcar como uma questão sociocientífica no ensino de ciências para a justiça social**. 2024. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

GOMES, Amanda Eloisa Ribeiro; LOPES, Nataly Carvalho. As questões sociocientíficas sobre a cana-de-açúcar como tema para o Ensino de Ciências como justiça social. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 31, p. e25042, 2025.

GONZALEZ, Lélia. **Por um feminismo afro-latino-americano**. Organização: Flávia Rios e Márcia Lima. Rio de Janeiro: Zahar, 2020.

GREENPEACE (Brasil). **Desmatamento na Amazônia: saiba seus impactos e como evitá-lo**. São Paulo: Greenpeace Brasil, 2023.

IBASE – Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas. Impactos da indústria canavieira no Brasil. Rio de Janeiro: IBASE, 2008. Disponível em:

https://ibase.br/wp-content/uploads/2022/12/Impactos-da-industria-Canavieira-no-Brasil_2008_completo.pdf. Acesso em: 6 nov. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). O destino dos negros após a Abolição. Brasília: IPEA, 2013. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2673%3Acatid%3D28. Acesso em: 22 out. 2025.

JESUS, Carolina Maria; DANTAS, Audálio; TEIXEIRA, Alberto. **Quarto de despejo: diário de uma favelada**. Livraria F. Alves, 1960.

KITADA, Cristiane Fernandes; KITADA, Marcelo; OLIVEIRA, Adriano Henrique de. **Impactos ambientais do cultivo de cana de açúcar**. Trabalho de Conclusão do Curso (Curso Técnico de Produção de Cana de Açúcar) da Etec "Frei Arnaldo Maria de Itaporanga". Votuporanga/SP. 2010.

KRÜTZMANN, Fábio Luis; ALVES, Deborah Karla Calegari; SILVA, Cirlande Cabral da. Os impactos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no trabalho de professores de Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 29, p. e23015, 2023.

LIZARAZO, Robinzon Piñeros. A responsabilidade social empresarial como territorialidade estratégica no setor da cana-de-açúcar no Brasil e da palma azeiteira na Colômbia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 8.; **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA**, 9., 2017, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: [s.n.], 2017.

LOPES, Nataly Carvalho. **Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica**. 2010. 229 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2010.

LOPES, Nataly Carvalho *et al.* Tendências do movimento CTS em dois eventos nacionais da área de Ensino de Ciências. **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, v. 18, 2009.

MACHADO, Laerte Antônio; HABIB, Mohamed. Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil. **Revista Infobios**. Disponível em: <http://www.infobios.com/Artigos>, 2009.

MACIEL, Lidiane; PEREIRA, Giovana Golçalves. Caderno de imagens. **RURIS (Campinas, Online)**, v. 11, n. 1, 2017.

MAIANTE, Mariana Gomes. **A evolução e caracterização da atividade canavieira em países selecionados da América Latina**. 2011. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Econômicas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, 2011.

MAIS AGRO. Produção de cana-de-açúcar no Brasil: história, economia e manejo. Disponível: <https://maisagro.syngenta.com.br/tudo-sobre-agro/producao-de-cana-de-acucar-no-brasil-historia-economia-e-manejo/>. Acesso em 13 de de 2025.

MAPA DE CONFLITOS EM SAÚDE PÚBLICA. SP - Cultivo da cana-de-açúcar segue sendo prejudicial à saúde e à vida dos trabalhadores. Rio de Janeiro: Fiocruz. Disponível em:

<https://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/sp-cultivo-da-cana-de-acucar-segue-sendo-pr-ejudicial-a-saude-e-a-vida-dos-trabalhadores/>. Acesso em: 23 out. 2025.

MEDEIROS, Jucelio Kulmann. Cana-de-açúcar no Brasil. **Revista de Educação a Distância do IFSC**, v. 1, n. 5, p. 40-54, 2024.

MENEZES, João Assis Scavuzzi. **Aspectos físicos e químicos do caldo de cana que afetam a capacidade fermentativa das células de levedura**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MILARÉ, Tathiane. A pesquisa em ensino de química na universidade de São Paulo: estudo das dissertações e teses (2006 a 2009) sob a perspectiva fleckiana. **Doutorado em Educação-Universidade de São Paulo-SP**, 2013.

MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias. Indicadores do mercado de trabalho do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil no período 1992-2005. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 37, n. 4, p. 875-902, 2007.

MORAES SILVA, Maria Aparecida. Cortadores de cana e os (não) direitos. **TRAVESSIA-revista do migrante**, v. 21, n. 61, p. 26-36, 2008.

MORAES, Maria Silvia de; LOPES, José Carlos Cacau; PRIULI, Roseana Mara Aredes. Questões socioeconômicas, laborais e de saúde na cadeia produtiva do agronegócio da cana-de-açúcar na região do Noroeste Paulista. **Saúde e Sociedade**, v. 22, p. 673-686, 2013.

MORAES, Vanessa Neves. Escravidão no Período Colonial: a vida dos negros nos engenhos de açúcar. **Revista Espaço Livre**, v. 13, n. 25, p. 98-106, 2018.

NARITOMI, Joana. **Herança colonial, instituições & desenvolvimento: um estudo sobre a desigualdade entre os municípios brasileiros**. 2007. 62 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

NOCELLI, Roberta Cornélio Ferreira *et al.* Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**, p. 13, 2017.

NOVACANA. Produção de cana-de-açúcar no Brasil e no mundo. Novacana, 15 abr. 2022. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>. Acesso em: 4 nov. 2025.

OLIVEIRA SHIMADA, Shiziele. A economia açucareira e o processo de exploração desde o Brasil-Colônia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 2013.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 13, p. 71-84, 2007.

REDE DE ESTUDOS RURAIS. Terra e poder: a violência estrutural do campo brasileiro. *Redes Rurais*, 24 mar. 2025. Disponível em: <https://redesrurais.org.br/terra-e-poder-a-violencia-estrutural-do-campo-brasileiro/>. Acesso em: 23 out. 2025.

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, 2020.

RODRIGUES, Rosângela Schwarz; NEUBERT, Patricia da Silva. **Introdução à pesquisa bibliográfica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2023.

ROSSETTO, Raffaella *et al.* Sustainability in sugarcane supply chain in Brazil: Issues and way forward. **Sugar Tech**, v. 24, n. 3, p. 941-966, 2022.

SANTANA, Raíza Carla Mattos; TERRA, Vilma Reis; LEITE, Sidnei Quezada Meireles. Do Caldo de Cana ao Açúcar: estudo cultural com enfoque CTS/CTSA na Educação Química Interdisciplinar. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, 2017.

SANTANA, Tammires Lorena Costa *et al.* História e produtos da cana-de-açúcar: um breve relato. **Education**, v. 2020, 2015.

SANTOS, WLP dos; AULER, Décio. CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa. **Brasília: Editora Universidade de Brasília**, p. 135-160, 2011.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 109-131, 2008.

SCHWARCZ, Lilia Moritz; STARLING, Heloisa Murgel. **Brasil: uma biografia: Com novo pós-escrito**. Editora Companhia das Letras, 2015.

SILVA, Anderson. No mundo da cana-de-açúcar com o lápis na mão: Trajetórias escolares na Usina de Açúcar Bom Jesus (Cabo de Santo Agostinho/PE-1990). *Vozes, Pretérito & Devir: Revista de historia da UESPI*, v. 16, n. 1, p. 85-103, 2023. <https://revistavozes.uespi.br/index.php/revistavozes/article/view/471/413>.

SILVA, Dayane Lilian Gallani *et al.* Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e44410714163-e44410714163, 2021.

SILVA, Laís Ribeiro. O TRABALHO NO SETOR SUCROENERGÉTICO BRASILEIRO NO SÉCULO XXI: uma análise a partir dos dados do RADAR-SIT. **PEGADA-A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 26, n. 1, p. 214-231, 2025.

SILVA, Rafael Ferreira; DA SILVA, Meryelle Macedo; JUNIOR, Henrique Cunha. Da construção dos engenhos de cana-de-açúcar à espacialidade negra: geografizando sobre o Crato-CE. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 8, p. e4171-e4171, 2024.

SILVA, Tairine Maia. **Abordagem CTS/CTSA no ensino de ciências da natureza: um módulo didático para o estudo de energia**. 2022. 118 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2022.

SILVA, Victor Andrade. **A importância da plantation açucareira no Brasil colonial**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em história) - Centro Universitário UNIFACIG, 2019.

SILVEIRA CASTRO, Fábio *et al.* Impacto das projeções de mudanças climáticas globais do IPCC no zoneamento agroclimático da cultura da cana-de-açúcar na América do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28410-28427, 2020.

SOUZA, Fábio Lustosa. Uma contribuição teorica da utilização da abordagem CTS no ensino de ciências. **Amazonia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 109-121, 2012.

SOUSA, Polliane Santos; GORRI, Ana Paula. Agrotóxicos no Brasil: Uma visão relacional a partir da articulação Freire-CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 399-422, 2019.

SOUZA, Rafael de Freitas. O açúcar amargo: Suor, sangue e lágrimas nos engenhos. **Varia Historia**, v. 39, p. e23103, 2023.

SOUZA, Roberta Bandeira de. Duas contribuições de Lélia Gonzalez para a consolidação de um Feminismo Decolonial e Antirracista. **Trans/Form/Ação**, v. 47, n. 2, p. e02400174, 2024.

ULRICH, Katie. The substitute and the excuse: Growing sustainability, growing sugarcane in São Paulo, Brazil. **Cultural Anthropology**, v. 38, n. 4, p. 439–466-439–466, 2023.

VIEIRA, Alberto. As Ilhas e a expansão da cultura e tecnologia da cana-de-açúcar no Atlântico nos séculos XV a XIX. **Labor e Engenho**, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2007.

VIZEU, Fabio; MENEGHETTI, Francis Kanashiro; SEIFERT, Rene Eugenio. Por uma crítica ao conceito de desenvolvimento sustentável. **Cadernos Ebape. br**, v. 10, p. 569-583, 2012.