

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E
MEIO AMBIENTE

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO EM SERRA
DOS AIMORÉS (MG)**

HENRIQUE DA SILVA

**Araraquara - SP
2026**

HENRIQUE DA SILVA

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO EM SERRA
DOS AIMORÉS (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade

Orientador: Prof. Dr. Leandro de Lima Santos

Coorientador: Prof. Dr. José Maria Gusman Ferraz

Araraquara - SP

S58i Silva, Henrique da.

Impactos socioambientais do setor sucroalcooleiro em Serra dos Aimorás (MG)/ Henrique da Silva. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2026.

75f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Orientadora: Prof. Dr. Leandro de Lima Santos

1. Cana de açúcar. 2. Sustentabilidade. 3. Serra dos Aimorés.
4. Impactos ambientais. 5. Responsabilidade social corporativa.
I. Título.

CDU 577.4



UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA - UNIARA

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 | (16) 3301-7100 | www.uniara.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): *Henrique da Silva*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

gov.br

LEANDRO DE LIMA SANTOS

Data: 13/02/2026 16:50:29-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Leandro de Lima Santos

UNIARA - Araraquara

Documento assinado digitalmente

gov.br

JANIVALDO PACHECO CORDEIRO

Data: 13/02/2026 17:10:08-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Janivaldo Pacheco Cordeiro

IFESP – Espírito Santo

Prof. Dr. Luiz Manoel de Moraes Camargo Almeida

UNIARA - Araraquara

Araraquara – SP, 10 de fevereiro de 2026.

Dedico este trabalho ao Prof. Dr. Lucas da Silva Saúde, amigo e mentor, cuja confiança, incentivo e generosidade intelectual foram fundamentais ao longo desta trajetória. Sua capacidade de acreditar no meu potencial, mesmo nos momentos mais desafiadores, foi decisiva para que eu persistisse e alcançasse este objetivo. A você, minha sincera gratidão, respeito e admiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por toda graça, proteção e por ter me sustentado ao longo desta caminhada, concedendo-me forças para superar cada desafio.

À minha mãe, Marieta Gomes da Silva, meu mais profundo e sincero agradecimento. Com seu amor, cuidado e, à sua maneira, dedicação à minha formação, ensinou-me o valor dos estudos e a importância de acreditar em mim mesmo, possibilitando que eu construísse minha própria história de vida.

À minha tia, Delcina Vieira dos Santos, minha segunda mãe, que sempre acreditou em mim e me incentivou com palavras de força e esperança, sendo essencial em minha trajetória acadêmica.

Ao amigo e conterrâneo Prof. Dr. Janivaldo Pacheco Cordeiro, por acreditar em meu potencial, pelo apoio constante e pelas valiosas contribuições e orientações que foram fundamentais para a construção desta dissertação.

Ao meu companheiro e grande apoiador, Uelton Oliveira Brito, pela compreensão, paciência e apoio incondicional nas longas e incansáveis jornadas de estudo e pesquisa.

Aos colegas de trabalho da Escola Estadual Pedro Gonzaga, pela compreensão, paciência e apoio nos momentos em que precisei me ausentar para dedicação aos estudos e à pesquisa.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. José Maria Gusman Ferraz, por não ter desistido de mim e por suas valiosas contribuições, sempre precisas e enriquecedoras, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro de Lima Santos, por aceitar o desafio em um momento decisivo da pesquisa, conduzindo com competência técnica, agilidade e compromisso a etapa final deste percurso.

A todos, minha eterna gratidão.

RESUMO

Este estudo analisou os impactos socioambientais do manejo e processamento da cana-de-açúcar na cidade de Serra dos Aimorés/MG, com ênfase nos desafios e nas perspectivas de sustentabilidade no setor sucroenergético. A pesquisa investigou questões relacionadas à escassez de recursos hídricos, à poluição atmosférica e aos efeitos sociais decorrentes do cultivo intensivo, destacando as implicações jurídicas e ambientais dessas atividades. A metodologia combinou revisão bibliográfica e entrevistas semiestruturadas com produtores e moradores locais, possibilitando compreender as percepções sobre os impactos e identificar os principais obstáculos e oportunidades para a adoção de práticas mais sustentáveis. Os resultados revelaram que, embora algumas empresas tenham iniciado ações de responsabilidade socioambiental, essas iniciativas ainda se mostram pontuais e insuficientes diante da magnitude dos desafios regionais. A pesquisa conclui que a mitigação dos impactos observados depende da efetiva aplicação do Direito Ambiental, do fortalecimento da governança territorial e da cooperação entre Estado, empresas e sociedade civil. Recomenda-se a ampliação de políticas públicas de incentivo à adoção de tecnologias limpas, à diversificação produtiva e à participação social, como caminhos para promover um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e sustentável na região.

Palavras-chave: cana-de-açúcar; sustentabilidade; Serra dos Aimorés; impactos socioambientais; responsabilidade social corporativa.

ABSTRACT

This study analyzed the socio-environmental impacts of sugarcane management and processing in the Serra dos Aimorés region, focusing on the challenges and prospects for sustainability in the sugar-energy sector. The research examined issues related to water scarcity, air pollution, and the social effects of intensive cultivation practices, highlighting the legal and environmental implications of these activities. The methodology combined a literature review and semi-structured interviews with local producers and residents, allowing for an understanding of perceptions regarding environmental impacts and the identification of key barriers and opportunities for adopting more sustainable practices. The findings revealed that, although some companies have begun implementing corporate social and environmental responsibility actions, these initiatives remain limited and insufficient to address the region's complex challenges. The study concludes that mitigating the observed impacts requires the effective enforcement of environmental law, the strengthening of territorial governance, and cooperation among government, industry, and civil society. It recommends expanding public policies that encourage the adoption of clean technologies, productive diversification, and social participation as essential strategies to promote a more balanced and sustainable development model in the region.

Keywords: sugarcane; sustainability; Serra dos Aimorés; socio-environmental impacts; corporate social responsibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa do município de Serra dos Aimorés (MG), com limites territoriais e principais vias de acesso.....	43
Figura 2.	Aptidão das terras para o cultivo de cana-de-açúcar na região.....	44
Figura 3.	Distribuição das áreas aptas à expansão de cana-de-açúcar.....	45
Figura 4.	Gráfico da porcentagem de entrevistados que identificaram cada um dos principais impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar.....	53
Figura 5.	Gráfico da adoção de práticas sustentáveis pelas empresas avaliadas na Serra dos Aimorés (n = 10).....	55
Figura 6.	Gráfico do grau de satisfação dos trabalhadores com as condições de trabalho no setor sucroenergético.....	57
Figura 7.	Gráfico da comparação entre queimadas, cultivo de cana e evolução do cultivo em Serra dos Aimorés e regiões adjacentes.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Métodos de Pesquisa por Categoria de Análise.....	16
Tabela 2.	Principais empreendimentos sucroenergéticos com influência territorial em Serra dos Aimorés.....	40
Tabela 3.	Áreas de proteção ambiental em Serra dos Aimorés-MG.....	46
Tabela 4.	Principais rios e córregos de Serra dos Aimorés-MG.....	46
Tabela 5.	Resumo cartográfico das áreas ambientais.....	47
Tabela 6.	Caracterização dos grupos entrevistados, vínculo com o setor sucroalcooleiro e condições de trabalho (n = 300).....	50
Tabela 7.	Percepções dos entrevistados sobre impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar (n = 300).....	53
Tabela 8.	Principais ações de responsabilidade social corporativa relatadas pelos entrevistados.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP - Área de proteção permanente

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DASA - Destilaria de Álcool de Serra dos Aimorés

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GEE – Gases de Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

RSC – Responsabilidade Social Corporativa

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Produção sucroenergética, território e impactos socioambientais.....	21
2.2 Sustentabilidade, práticas de manejo agrícola e regulação técnica no setor sucroenergético.....	28
2.3 Direito Ambiental, políticas públicas e desafios de implementação no território.....	34
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	41
3.1 Delineamento da pesquisa e abordagem metodológica.....	41
3.2 Caracterização territorial: Serra dos Aimorés e a indústria sucroenergética.....	41
3.3 Posicionamento do pesquisador e escolhas metodológicas.....	43
3.4 Procedimentos de coleta de dados.....	44
3.5 Procedimentos de análise dos dados e categorias analíticas.....	44
4. RESULTADOS.....	46
4.1 Perfil da amostra e caracterização dos participantes.....	53
4.2 Percepções de impactos ambientais e pressões ecológicas no município.....	56
4.3 Adoção de práticas sustentáveis e assimetrias tecnológicas entre empresas.....	58
4.4 Condições de trabalho, satisfação laboral e responsabilidade social corporativa.....	60
4.5 Impactos sobre a economia local, feiras e abastecimento alimentar.....	62
4.6 Queimadas, expansão do cultivo e substituição de outros cultivos.....	63
5 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE A - Roteiro de Entrevista com Trabalhadores da Colheita da Cana-de-Açúcar – Serra dos Aimorés.....	74

APÊNDICE B – Questionário Aplicado nas Entrevistas com Produtores Locais	77
APÊNDICE C – Questionário para Feirantes de Serra dos Aimorés	80
APÊNDICE D– Usineiros e Donos de Usinas: Benefícios Econômicos e Desafios no Setor Sucroenergético	83
APÊNDICE E – Comunidade Local: Impactos Ambientais e Sociais.....	85

1 INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar possui um papel de destaque na economia e no desenvolvimento energético do Brasil. Considerada uma das principais culturas agrícolas do país, ela se destaca tanto pelo potencial de geração de biocombustíveis quanto pelo abastecimento de açúcar no mercado nacional e internacional. A expansão dessa cultura, porém, levanta questões importantes relacionadas aos impactos socioambientais de seu manejo e processamento, sobretudo em áreas de alta sensibilidade ecológica e social, como é o caso da cidade de Serra dos Aimorés¹.

Esta região, situada na divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia, é rica em biodiversidade e abriga populações que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência e bem-estar. Em virtude disso, a exploração da cana-de-açúcar nesta área demanda uma análise cuidadosa dos impactos ambientais e sociais causados pela sua produção, bem como uma avaliação das ferramentas jurídicas disponíveis para mitigar esses efeitos, de forma a harmonizar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e a proteção da população local. No cenário global e nacional, a cana-de-açúcar consolidou-se como uma cultura estratégica em resposta à crescente demanda por sustentabilidade e alternativas energéticas renováveis. A expansão dessa cultura para novas áreas tem gerado impactos socioambientais significativos, especialmente em ecossistemas sensíveis e comunidades que dependem diretamente dos recursos naturais.

O Brasil, como um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar e etanol, lidera essa expansão (OECD; FAO, 2021), mas enfrenta o desafio de equilibrar o crescimento do setor com a necessidade de preservar o meio ambiente e garantir o bem-estar social. A cidade de Serra dos Aimorés é reconhecida por sua biodiversidade e pelas populações que mantêm uma estreita relação com o ambiente natural, ilustrando os desafios dessa dinâmica e evidenciando a necessidade de uma gestão ambientalmente responsável e de políticas públicas eficazes para mitigar os efeitos adversos do cultivo intensivo de cana-de-açúcar.

¹ O nome do município de Serra dos Aimorés está associado à formação rochosa característica existente na região, pertencente ao conjunto de serras que compõem o relevo do nordeste de Minas Gerais, historicamente conhecido como Serra dos Aimorés. Essa formação geológica também está relacionada à presença e ocupação histórica de povos indígenas aimorés na região. Para fins deste estudo, as análises consideram prioritariamente os limites territoriais do município de Serra dos Aimorés – MG. Contudo, reconhece-se que a dinâmica socioeconômica e ambiental local sofre influências diretas do estado da Bahia, especialmente em razão da proximidade geográfica e das interações territoriais, comerciais e ambientais existentes entre os municípios situados na divisa interestadual.

A região é composta por áreas de preservação ambiental que desempenham um papel fundamental para a manutenção de serviços ecossistêmicos e a conservação de espécies endêmicas. Com a presença crescente de atividades agroindustriais, tais características ambientais enfrentam desafios significativos, tornando-se crucial avaliar como o manejo e o processamento da cana-de-açúcar afetam tanto a biodiversidade local quanto a qualidade de vida das populações ali residentes.

Diante desse contexto, a pesquisa delimitou o tema para uma análise focada nos impactos da produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, abordando especificamente os aspectos jurídicos e ambientais associados a essa atividade. Para isso, o estudo concentrou-se no período recente, levando em consideração a legislação ambiental vigente no Brasil, especialmente aquela voltada para práticas de manejo sustentável e proteção dos recursos naturais. Além disso, a pesquisa examinou as práticas de manejo aplicadas por empresas que operam na região e os desafios enfrentados para a adoção de estratégias que alinhassem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Essa delimitação permitiu uma análise dos fatores que afetaram a sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, oferecendo uma perspectiva jurídica sobre os meios de mitigação e adaptação necessários para minimizar os impactos negativos e maximizar os benefícios para a população local e o meio ambiente.

O problema central que orientou esta pesquisa diz respeito à forma como o manejo e o processamento da cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés afetaram o meio ambiente e a população local, além de questionar de que maneira o Direito Ambiental poderia servir como uma ferramenta eficaz para mitigar esses impactos. Nesse sentido, a pergunta de pesquisa que norteou o estudo foi: “Quais foram os principais desafios e perspectivas para a mitigação dos impactos socioambientais da produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, sob o ponto de vista do Direito Ambiental?”

Essa questão guiou a análise das variáveis socioambientais envolvidas, permitindo identificar as práticas de manejo mais comuns na região, os principais impactos observados e as respostas jurídicas aplicadas para promover um uso mais sustentável da cana-de-açúcar, que considerasse tanto as necessidades econômicas quanto a preservação dos recursos naturais.

A justificativa para o desenvolvimento deste estudo assenta-se na necessidade de avaliar os impactos ambientais e sociais de uma cultura agrícola extensiva, como a cana-de-açúcar, em uma região ecologicamente sensível e socialmente dependente dos recursos naturais. Considerando o valor estratégico que o Brasil atribui ao setor sucroenergético, foi

fundamental que a expansão desse setor fosse acompanhada por estudos que considerassem as consequências de longo prazo para o meio ambiente e a população local.

Além disso, a presente pesquisa buscou contribuir para o aprimoramento das políticas públicas e das práticas empresariais, destacando o papel do Direito Ambiental como ferramenta regulatória e de proteção dos interesses das comunidades afetadas. Em um contexto de mudança climática e crescente pressão por práticas sustentáveis, compreender os impactos da cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés e explorar alternativas de mitigação poderá favorecer a preservação dos recursos naturais, a manutenção da qualidade de vida da população e a promoção de um modelo de desenvolvimento economicamente viável e ambientalmente responsável.

A expansão do setor sucroenergético em municípios de pequeno porte, especialmente em regiões marcadas por fragilidades socioeconômicas históricas, tem intensificado tensões entre crescimento econômico, uso do território e proteção ambiental. No município de Serra dos Aimorés, essa dinâmica assume contornos específicos em função de sua inserção regional, da dependência de atividades agroindustriais e da presença de empreendimentos vinculados à cadeia produtiva da cana-de-açúcar, cujos efeitos ultrapassam os limites administrativos locais. A análise desses processos exige a consideração simultânea dos impactos socioambientais observados no território e dos instrumentos normativos que orientam sua regulação, situando o Direito Ambiental como instância mediadora entre atividade produtiva, ordenamento jurídico e sustentabilidade territorial (Lakatos; Marconi, 2019).

Nesse contexto, a investigação orienta-se pela necessidade de examinar, de forma articulada, as transformações ambientais, sociais e institucionais associadas à produção canavieira, considerando as percepções dos atores locais e os mecanismos legais destinados à mitigação de danos ambientais. Tal direcionamento analítico permite problematizar a efetividade das normas ambientais no plano local, bem como as dificuldades enfrentadas por empresas, comunidades e poder público na implementação de práticas compatíveis com a preservação dos recursos naturais e com a melhoria das condições de vida no território analisado, assegurando coerência entre o recorte espacial adotado, os procedimentos investigativos e a interpretação dos resultados (Duarte; Menezes, 2019).

O objetivo geral desta pesquisa consistiu em analisar desafios e perspectivas para a mitigação dos impactos socioambientais decorrentes da produção de cana-de-açúcar no município de Serra dos Aimorés, Minas Gerais, sob a perspectiva do Direito Ambiental. A partir desse objetivo central, foram definidos objetivos específicos que orientaram a condução da investigação empírica e os procedimentos de análise adotados ao longo do estudo: i)

identificar e caracterizar os principais impactos socioambientais associados à produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, considerando seus efeitos sobre a fauna, a flora e os recursos hídricos da região; ii) analisar as legislações ambientais vigentes aplicáveis ao cultivo e ao processamento da cana-de-açúcar, examinando seu alcance, suas limitações e sua efetividade no contexto regional; iii) investigar as práticas de manejo adotadas por empresas e produtores, avaliando sua conformidade com os princípios da sustentabilidade e com as exigências legais; e iv) examinar os desafios enfrentados por empresas, comunidades locais e órgãos públicos na implementação de políticas e práticas sustentáveis voltadas à conciliação entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

Com base nesses objetivos, a metodologia de análise foi estruturada a partir da definição de categorias analíticas que permitiram operacionalizar a investigação empírica e articular os dados coletados às dimensões ambiental, social e jurídica do fenômeno estudado. A pesquisa adotou procedimentos metodológicos de natureza qualitativa, combinando revisão bibliográfica e documental, análise jurídico-dogmática, observação direta em campo e entrevistas semiestruturadas com diferentes atores sociais. Essa estratégia possibilitou examinar tanto os impactos socioambientais associados à produção canavieira quanto os mecanismos normativos e institucionais voltados à sua regulação, assegurando coerência entre os objetivos propostos, os métodos empregados e a interpretação dos resultados.

A operacionalização empírica da pesquisa foi organizada em quatro categorias de análise, definidas a partir dos objetivos específicos e do referencial teórico adotado. Cada categoria foi associada a objetivos analíticos próprios, a um conjunto de variáveis e a métodos e técnicas de pesquisa adequados à natureza do fenômeno investigado, conforme sistematizado na Tabela 1.

Tabela 1. Métodos de Pesquisa por Categoria de Análise

Categoria de Análise	Objetivo na Pesquisa de Campo	Variáveis Analíticas	Métodos e Técnicas Utilizadas
Impactos socioambientais	Identificar e caracterizar os principais impactos socioambientais associados à produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, considerando seus efeitos sobre a fauna, a flora e os recursos hídricos da região.	Alterações na biodiversidade; qualidade da água; degradação do solo; saúde e bem-estar da população.	Revisão bibliográfica; análise de relatórios ambientais; observação <i>in loco</i> ; entrevistas semiestruturadas com moradores e atores locais; análise documental de dados secundários.
Práticas de	Analisar as legislações	Técnicas agrícolas; uso de	Pesquisa documental; análise

Categoria de Análise	Objetivo na Pesquisa de Campo	Variáveis Analíticas	Métodos e Técnicas Utilizadas
manejo e sustentabilidade	ambientais vigentes aplicáveis ao cultivo e ao processamento da cana-de-açúcar, examinando seu alcance, suas limitações e sua efetividade no contexto regional.	agrotóxicos; manejo do solo e da água; práticas de mitigação ambiental.	de normas técnicas e relatórios empresariais; entrevistas com gestores e técnicos; observação direta das práticas produtivas.
Instrumentos e políticas de Direito Ambiental	Investigar as práticas de manejo adotadas por empresas e produtores, avaliando sua conformidade com os princípios da sustentabilidade e com as exigências legais. Examinar os desafios enfrentados por	Normas legais; políticas públicas; licenciamento ambiental; fiscalização e penalidades.	Análise jurídico-dogmática; exame de legislações, resoluções e políticas públicas; análise de autos administrativos e processos; revisão bibliográfica especializada em Direito Ambiental.
Desafios de implementação	empresas, comunidades locais e órgãos públicos na implementação de políticas e práticas sustentáveis voltadas à conciliação entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.	Limitações econômicas; ausência de fiscalização; lacunas jurídicas; conflitos entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental.	Entrevistas semiestruturadas; análise crítica de documentos institucionais; estudo de casos; análise comparativa entre prática normativa e realidade empírica.

Fonte: Elaboração própria (2025)

Ao analisar os impactos da produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés sob uma perspectiva jurídica e ambiental, essa pesquisa contribuiu para o desenvolvimento de um modelo de gestão sustentável aplicável ao setor sucroenergético, que pode servir de referência para outras áreas do país e do mundo que enfrentam desafios semelhantes. A estrutura do trabalho foi composta por uma revisão bibliográfica, abordando a legislação e os estudos existentes sobre os impactos socioambientais da cana-de-açúcar, uma seção metodológica que descreveu as ferramentas e procedimentos de coleta de dados, uma análise dos resultados obtidos e discussões sobre as perspectivas de melhoria nas práticas de manejo ambiental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção sucroenergética, território e impactos socioambientais

A expansão da produção sucroenergética no Brasil consolidou-se, ao longo das últimas décadas, como um dos principais vetores de reorganização dos territórios rurais, especialmente em municípios de pequeno e médio porte. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento indicam que, na safra 2021/2022, o país cultivou aproximadamente 8,2 milhões de hectares de cana-de-açúcar, concentrados majoritariamente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com expansão gradual para áreas periféricas e de menor densidade econômica. Essa dinâmica territorial tem promovido alterações significativas no uso e na ocupação do solo, com substituição de sistemas agrícolas diversificados por monoculturas extensivas, impactando diretamente a estrutura fundiária, as relações produtivas e os modos de vida locais (CONAB, 2022; D'Alessandro e Cavichioli, 2024).

O setor sucroenergético, ao articular produção agrícola, processamento industrial e geração de energia, exerce influência direta sobre a configuração socioeconômica dos territórios onde se insere. A contribuição do setor para o Produto Interno Bruto agroindustrial brasileiro alcançou aproximadamente 2,4% em 2020, segundo estimativas setoriais, reforçando sua relevância econômica. Entretanto, esse crescimento ocorre de forma territorialmente desigual, uma vez que os benefícios econômicos tendem a concentrar-se em segmentos empresariais e cadeias produtivas específicas, enquanto os custos socioambientais são distribuídos de maneira difusa sobre populações locais, trabalhadores rurais e ecossistemas regionais, configurando assimetrias estruturais no desenvolvimento territorial (Goldemberg *et al.*, 2014; Veiga, 2010).

A noção de território, nesse contexto, ultrapassa sua dimensão físico-geográfica e passa a ser compreendida como uma construção social marcada por relações de poder, disputas pelo uso dos recursos naturais e processos históricos de apropriação do espaço. Em regiões integradas por grandes projetos agroindustriais, como o setor sucroenergético, observa-se a intensificação de conflitos relacionados ao acesso à terra, à água e à infraestrutura, sobretudo em áreas caracterizadas por fragilidades socioeconômicas preexistentes. Esses processos tendem a redefinir as funções do espaço rural, subordinando atividades tradicionais às demandas da cadeia sucroenergética e ampliando a dependência econômica dos municípios em relação a um único setor produtivo (Benevides-Guimarães, Moreira e Sousa, 2022; Souza, 2021).

Os impactos socioambientais associados à expansão da cana-de-açúcar manifestam-se de forma integrada, atingindo simultaneamente componentes ambientais e sociais do território. No contexto ambiental, destacam-se a supressão de vegetação nativa, a compactação e degradação do solo, a contaminação por insumos agrícolas e a pressão sobre os recursos hídricos. Estimativas da Agência Nacional de Águas apontam que atividades agrícolas intensivas respondem por aproximadamente 49% da retirada total de água no Brasil, sendo a irrigação de culturas como a cana-de-açúcar um dos principais vetores dessa demanda. Essa pressão hídrica tende a gerar conflitos locais, sobretudo em municípios com baixa disponibilidade hídrica per capita (ANA, 2019; Almeida, Oliveira e Reis Neto, 2025).

A relação entre a produção canavieira e os recursos hídricos não se restringe ao volume de água utilizado, mas envolve também a qualidade dos corpos d'água. O uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas favorece o carreamento de nutrientes e contaminantes para rios e aquíferos, comprometendo o abastecimento humano e a manutenção dos ecossistemas aquáticos. Em regiões canavieiras, estudos indicam a ocorrência recorrente de alterações nos parâmetros físico-químicos da água, como elevação de nitratos e fósforo dissolvido, associadas à expansão da monocultura. Esses impactos ambientais tendem a incidir de forma mais intensa sobre comunidades rurais e populações de menor renda, ampliando vulnerabilidades socioambientais preexistentes (Almeida, 2017; Oliveira *et al.*, 2023).

No plano social, a expansão da cana-de-açúcar tem sido associada a transformações profundas nas relações de trabalho e nas condições de vida das populações locais. Apesar da mecanização crescente, que reduziu significativamente o número de trabalhadores por hectare cultivado, persistem problemas relacionados à precarização laboral, à sazonalidade do emprego e à exposição a riscos ambientais. A substituição da colheita manual pela mecanizada reduziu, em algumas regiões, até 70% da demanda por mão de obra direta, intensificando processos de desemprego estrutural em municípios dependentes da atividade canavieira. Esses efeitos reforçam dinâmicas de exclusão social e migração forçada em territórios já marcados por fragilidade econômica (Pessoa *et al.*, 2021; Silva, 2018).

A prática da queima da palha da cana-de-açúcar, embora gradualmente restringida por normas ambientais, permanece como elemento relevante na análise dos impactos socioambientais do setor. A combustão da biomassa libera material particulado fino, monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio, contribuindo para a degradação da qualidade do ar e para o aumento de doenças respiratórias. Estudos epidemiológicos indicam elevação estatisticamente significativa de internações por problemas respiratórios em períodos de safra

com uso intensivo do fogo, especialmente entre crianças e idosos. Esses impactos extrapolam os limites das áreas produtivas, atingindo zonas urbanas próximas e configurando problemas de saúde pública associados à atividade sucroenergética (Arbex *et al.*, 2004; Pierot, Brito e Godoy, 2025).

Além dos efeitos ambientais e sanitários, a expansão da cana-de-açúcar contribui para a formação de territórios caracterizados como zonas de sacrifício, nos quais os custos socioambientais do agronegócio são naturalizados em nome do crescimento econômico. Nessas áreas, observa-se a sobreposição de impactos ambientais, fragilidade institucional e baixa capacidade de resposta do poder público, resultando em processos de invisibilização das populações afetadas. A lógica produtiva dominante tende a subordinar o planejamento territorial às demandas do mercado, limitando a participação social e a construção de alternativas de desenvolvimento que considerem a diversidade socioambiental local (Rigotto, Santos e Costa, 2022; Sachs, 2009).

A expansão territorial da cana-de-açúcar no Brasil tem ocorrido de forma articulada a processos de especialização produtiva que alteram significativamente a paisagem agrária. Entre 2000 e 2020, a área plantada com cana apresentou crescimento superior a 35%, com avanço sobre regiões anteriormente ocupadas por agricultura familiar diversificada ou pastagens extensivas. Esse movimento intensifica a homogeneização do uso do solo, reduz a diversidade produtiva e compromete a resiliência ecológica dos territórios. Em municípios de pequeno porte, a concentração fundiária associada à monocultura tende a reduzir a autonomia econômica local, ampliando a dependência de cadeias produtivas externas e de decisões empresariais alheias às demandas territoriais específicas (Silva, 2018; Souza, 2021).

A reorganização do espaço rural promovida pelo setor sucroenergético também implica transformações nos sistemas alimentares locais. A substituição de áreas destinadas à produção de alimentos por lavouras canavieiras afeta a disponibilidade e a diversidade de produtos agrícolas para o consumo interno, contribuindo para processos de insegurança alimentar em determinadas regiões. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que municípios com maior proporção de área ocupada por cana-de-açúcar apresentam menor diversidade de culturas alimentares por hectare cultivado. Essa dinâmica reforça a subordinação dos territórios à lógica de produção de *commodities*², com impactos diretos sobre os modos de vida rurais e a soberania alimentar das populações locais (Pessoa *et al.*, 2021; Veiga, 2010).

² Bem primário, geralmente de origem agrícola, mineral ou energética, padronizado e comercializado em larga escala nos mercados nacional e internacional, como açúcar, soja, minério e petróleo (Radetzki e Wårell, 2020).

No que se refere à sustentabilidade territorial, a literatura aponta limites estruturais na capacidade do setor sucroenergético de compatibilizar crescimento econômico e preservação ambiental em contextos periféricos. Embora iniciativas de certificação ambiental e adoção de indicadores de sustentabilidade tenham avançado nos últimos anos, sua aplicação permanece concentrada em grandes empreendimentos, com alcance restrito nos níveis local e regional. Indicadores ambientais utilizados pelo setor tendem a priorizar eficiência produtiva e redução de emissões específicas, sem incorporar de forma sistemática variáveis sociais e territoriais, como acesso à água, condições de trabalho e impactos cumulativos sobre comunidades rurais (Oliveira *et al.*, 2023; Sachs, 2009).

A dimensão energética da cadeia sucroenergética também exerce influência sobre a configuração territorial. O etanol responde por cerca de 40% do consumo de combustíveis leves no Brasil, segundo dados do setor energético, reforçando a importância estratégica da cana-de-açúcar na matriz nacional. No entanto, essa relevância energética não elimina os impactos ambientais associados à produção agrícola da matéria-prima. A expansão da bioenergia ocorre, em muitos casos, sem planejamento territorial integrado, resultando em pressões adicionais sobre recursos naturais e infraestrutura local. A ausência de mecanismos efetivos de compensação territorial contribui para a assimetria entre os benefícios macroeconômicos do setor e os custos socioambientais suportados localmente (Goldemberg *et al.*, 2014; D'Alessandro e Cavichioli, 2024).

Os efeitos da produção canavieira sobre a saúde humana constituem outra dimensão relevante dos impactos socioambientais territoriais. Além dos efeitos diretos da queima da palha, a exposição prolongada a agrotóxicos utilizados no cultivo tem sido associada a agravos à saúde de trabalhadores rurais e moradores de áreas adjacentes. Regiões com alta intensidade de uso de defensivos agrícolas apresentam taxas superiores de notificações de intoxicação exógena, conforme registros do sistema de vigilância em saúde. Esses impactos são agravados pela fragilidade dos serviços públicos de saúde em municípios pequenos, onde a capacidade de diagnóstico e acompanhamento de doenças relacionadas ao ambiente é limitada (Arbex *et al.*, 2004; Rigotto, Santos e Costa, 2022).

A noção de zonas de sacrifício tem sido utilizada para descrever territórios nos quais a reprodução social das populações locais é comprometida pela concentração de impactos ambientais negativos associados a atividades econômicas estratégicas. No caso do setor sucroenergético, essas zonas caracterizam-se pela coexistência de degradação ambiental, baixa diversificação econômica e limitada participação social nos processos decisórios. A naturalização desses impactos, frequentemente justificada pelo discurso do desenvolvimento e

da geração de empregos, contribui para a invisibilização de conflitos socioambientais e para a perpetuação de desigualdades territoriais. Esse padrão evidencia a necessidade de análises que considerem os efeitos cumulativos da atividade produtiva sobre os territórios (Pierot, Brito e Godoy, 2025; Rigotto, Santos e Costa, 2022).

A literatura sobre desenvolvimento territorial destaca que processos produtivos intensivos tendem a produzir efeitos distintos conforme as capacidades institucionais locais. Municípios com menor capacidade administrativa e fiscal apresentam maiores dificuldades para regular o uso do solo, fiscalizar práticas ambientais e negociar contrapartidas com grandes empreendimentos. Essa fragilidade institucional favorece a reprodução de modelos de desenvolvimento dependentes, nos quais decisões estratégicas são tomadas fora do território, limitando a construção de projetos endógenos de desenvolvimento. No contexto sucroenergético, essa dinâmica contribui para a consolidação de estruturas territoriais assimétricas e para a ampliação de vulnerabilidades socioambientais (Benevides-Guimarães, Moreira e Sousa, 2022; Souza, 2021).

A análise dos impactos socioambientais da produção de cana-de-açúcar exige, portanto, a consideração integrada das dimensões econômica, ambiental, social e territorial. A fragmentação dessas dimensões tende a obscurecer as relações entre expansão produtiva e degradação ambiental, bem como seus efeitos sobre as populações locais. A incorporação do território como categoria analítica permite evidenciar como os impactos se materializam de forma desigual no espaço, refletindo relações históricas de poder e padrões de desenvolvimento excludentes. Essa perspectiva analítica contribui para problematizar os limites do modelo sucroenergético vigente e para subsidiar a formulação de alternativas mais compatíveis com a sustentabilidade territorial (Sachs, 2009; Veiga, 2010).

A incorporação de indicadores socioambientais tem sido utilizada como estratégia para mensurar os efeitos da produção sucroenergética sobre os territórios. Esses indicadores incluem variáveis relacionadas ao uso da terra, consumo de água, emissões atmosféricas, geração de resíduos e condições sociais associadas ao trabalho e à renda. No entanto, a aplicação desses instrumentos apresenta limitações relevantes, especialmente em municípios de pequeno porte, onde a disponibilidade de dados sistematizados é restrita. Além disso, os indicadores frequentemente utilizados privilegiam escalas regionais ou nacionais, dificultando a identificação de impactos localizados e cumulativos, o que compromete a capacidade de avaliação precisa das transformações territoriais induzidas pela expansão canavieira (Oliveira *et al.*, 2023; CONAB, 2022).

A análise espacial da expansão da cana-de-açúcar evidencia padrões de concentração territorial associados à infraestrutura logística e à proximidade de unidades industriais. Entre 2010 e 2020, municípios situados em eixos rodoviários estratégicos apresentaram taxas de crescimento da área cultivada superiores à média nacional, reforçando a dependência territorial de corredores de escoamento. Esse processo intensifica a pressão sobre áreas ambientalmente sensíveis, como margens de cursos d'água e zonas de recarga aquífera, sobretudo em regiões com fiscalização ambiental limitada. A ausência de planejamento integrado entre políticas agrícolas, ambientais e territoriais contribui para a reprodução de modelos de ocupação do solo que desconsideram a capacidade de suporte dos ecossistemas locais (ANA, 2019; Silva, 2018).

A intensificação produtiva característica do setor sucroenergético também implica aumento do consumo de insumos agrícolas, com reflexos diretos sobre a dinâmica ambiental dos territórios. A aplicação recorrente de fertilizantes nitrogenados e defensivos químicos está associada a processos de lixiviação e contaminação difusa, que afetam solos e recursos hídricos subterrâneos. Em regiões canavieiras, registros apontam concentrações de nitrato em aquíferos superiores aos limites recomendados para consumo humano, evidenciando riscos ambientais e sanitários persistentes. Esses impactos tendem a ser agravados em municípios com baixa capacidade de monitoramento ambiental, nos quais a resposta institucional ocorre de forma tardia ou fragmentada (Almeida, 2017; Almeida, Oliveira e Reis Neto, 2025).

A lógica econômica que orienta a expansão sucroenergética contribui para a consolidação de territórios funcionalmente subordinados às demandas do mercado externo. A produção de etanol e açúcar, fortemente influenciada por preços internacionais e políticas energéticas nacionais, submete os municípios produtores a ciclos de expansão e retração que afetam a estabilidade econômica local. Essa dependência limita a diversificação produtiva e reduz a capacidade de adaptação dos territórios a mudanças conjunturais, ampliando a vulnerabilidade socioeconômica. Em municípios onde a cana-de-açúcar ocupa parcela significativa da área agrícola, observa-se maior sensibilidade a oscilações de mercado e menor resiliência frente a crises econômicas (D'Alessandro e Cavichioli, 2024; Veiga, 2010).

Os efeitos cumulativos da produção canavieira sobre os territórios tornam-se mais evidentes quando analisados em perspectiva temporal. A permanência prolongada da monocultura tende a provocar alterações irreversíveis nos sistemas naturais, como a perda de biodiversidade e a simplificação dos ecossistemas. Estudos indicam que áreas submetidas ao cultivo contínuo de cana por períodos superiores a 15 anos apresentam redução significativa

da fauna edáfica³ e da matéria orgânica do solo, comprometendo sua capacidade de regeneração. Esses processos, embora graduais, produzem impactos duradouros que extrapolam os ciclos produtivos e afetam a sustentabilidade territorial no longo prazo (Pessoa *et al.*, 2021; Sachs, 2009).

A relação entre produção sucroenergética e desenvolvimento territorial evidencia tensões entre eficiência econômica e justiça socioambiental. Embora o setor contribua para a geração de divisas e para a matriz energética nacional, os benefícios econômicos não se distribuem de forma equitativa nos territórios produtores. A concentração de renda e a fragilidade das políticas compensatórias reforçam desigualdades sociais e limitam o acesso das populações locais a melhorias estruturais. Esse descompasso entre crescimento econômico e bem-estar social desafia concepções tradicionais de desenvolvimento e exige abordagens analíticas que incorporem critérios sociais e ambientais na avaliação das atividades produtivas (Sachs, 2009; Souza, 2021).

A abordagem territorial permite evidenciar que os impactos socioambientais da cana-de-açúcar não resultam apenas das práticas agrícolas isoladas, mas da interação entre modelos produtivos, estruturas institucionais e contextos históricos específicos. Municípios inseridos em regiões com fragilidades históricas tendem a absorver de forma mais intensa os custos ambientais da expansão sucroenergética, enquanto possuem menor capacidade de negociação política e econômica. Essa assimetria reforça a necessidade de análises que considerem o território como categoria central, capaz de revelar como os impactos se distribuem desigualmente no espaço e no tempo (Benevides-Guimarães, Moreira e Sousa, 2022; Rigotto, Santos e Costa, 2022).

A compreensão desses processos fornece subsídios para a problematização do modelo sucroenergético vigente, especialmente em municípios de pequeno porte. A análise integrada dos impactos ambientais, sociais e territoriais evidencia limites estruturais que dificultam a compatibilização entre produção de energia renovável e sustentabilidade territorial. Esses limites reforçam a importância de instrumentos de planejamento que considerem as especificidades locais e promovam maior equilíbrio entre atividade produtiva, proteção ambiental e qualidade de vida das populações afetadas (Oliveira *et al.*, 2023; Veiga, 2010).

³ Conjunto de organismos associados ao solo, que nele vivem e desempenham funções ecológicas essenciais, como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a manutenção da estrutura física do solo (Aquino e Correia, 2005)

2.2 Sustentabilidade, práticas de manejo agrícola e regulação técnica no setor sucroenergético

A incorporação do conceito de sustentabilidade na agricultura canavieira está associada à necessidade de compatibilizar produtividade agrícola, conservação dos recursos naturais e permanência da atividade no longo prazo. No setor sucroenergético, essa discussão adquire especificidade em razão do caráter intensivo do cultivo, da elevada demanda por insumos e da extensão territorial das áreas plantadas. A sustentabilidade agrícola, nesse contexto, é compreendida como um conjunto de práticas capazes de reduzir a degradação ambiental sem comprometer a viabilidade econômica da produção. Essa abordagem desloca o foco exclusivo do rendimento por hectare para a eficiência no uso de recursos naturais, como solo, água e energia, introduzindo critérios técnicos de manejo conservacionista (Altieri, 2012; Duarte e Menezes, 2019).

A agroecologia constitui uma das principais matrizes conceituais utilizadas para repensar os sistemas produtivos no setor canavieiro. Ao enfatizar princípios ecológicos aplicados à agricultura, essa perspectiva propõe a redução da dependência de insumos externos, a diversificação de práticas agrônômicas e a valorização dos processos biológicos do solo. No cultivo da cana-de-açúcar, a adoção de práticas agroecológicas enfrenta limitações técnicas e estruturais, sobretudo em áreas dominadas por grandes empreendimentos. Ainda assim, experiências pontuais indicam que a integração entre conhecimento agrônômico e processos naturais pode contribuir para a manutenção da fertilidade do solo e para a redução de impactos ambientais associados à monocultura intensiva (Altieri, 2012; Guimarães, 2020).

O manejo do solo constitui dimensão central da sustentabilidade agrícola no contexto sucroenergético. A colheita mecanizada, embora tenha reduzido a queima da palha, intensificou processos de compactação do solo, especialmente em áreas submetidas ao tráfego frequente de máquinas pesadas. Estudos agrônômicos indicam que a compactação pode reduzir a porosidade do solo em até 30%, comprometendo a infiltração de água e o desenvolvimento radicular da cultura. Como resposta a esse problema, práticas como a calagem, a subsolagem controlada e o uso de resíduos vegetais têm sido empregadas para melhorar a estrutura física do solo e preservar sua capacidade produtiva (Azevedo *et al.*, 2021; Silva, 2019).

A fertilidade química do solo também assume papel relevante na sustentabilidade do cultivo canavieiro. A aplicação de corretivos e fertilizantes, quando realizada de forma intensiva e desbalanceada, pode resultar em perdas por lixiviação e em desequilíbrios

nutricionais. Pesquisas conduzidas em diferentes regiões indicam que a aplicação de calcário pode elevar a produtividade da cana-de-açúcar em até 20%, desde que associada a práticas de manejo adequadas e ao monitoramento periódico do solo. A adoção de recomendações técnicas baseadas em análises laboratoriais contribui para o uso mais racional de insumos e para a redução de impactos ambientais decorrentes do excesso de nutrientes no sistema produtivo (Azevedo *et al.*, 2021; Silva, 2019).

A gestão da água no cultivo da cana-de-açúcar representa outro eixo central da sustentabilidade agrícola. Em regiões onde a irrigação é adotada, a eficiência no uso da água torna-se determinante para a viabilidade ambiental da produção. Sistemas de irrigação mal dimensionados podem resultar em perdas superiores a 40% do volume aplicado, além de favorecer processos de salinização e compactação do solo. A adoção de tecnologias de irrigação mais eficientes, aliada ao monitoramento da umidade do solo, contribui para a redução do consumo hídrico e para a preservação dos recursos disponíveis. Essas práticas são particularmente relevantes em áreas com restrições hídricas ou conflitos pelo uso da água (Pereira, 2019; Costa, 2020).

O uso de agrotóxicos no setor sucroenergético constitui um dos principais desafios à sustentabilidade agrícola. A aplicação recorrente desses insumos está associada à contaminação do solo, da água e à exposição de trabalhadores e populações vizinhas a substâncias tóxicas. Estudos realizados em áreas canavieiras indicam a presença de resíduos de herbicidas em corpos d'água superficiais e subterrâneos, com concentrações que, em alguns casos, ultrapassam os limites recomendados para consumo humano. A adoção de práticas de manejo integrado de pragas e plantas daninhas tem sido apontada como alternativa técnica para reduzir a dependência de produtos químicos e mitigar riscos ambientais (Costa, 2020; Pereira, 2019).

A inovação tecnológica tem sido apresentada como estratégia para enfrentar os desafios ambientais do setor sucroenergético. O desenvolvimento de variedades mais resistentes, o uso de bioestimulantes e a incorporação de tecnologias de precisão têm contribuído para ganhos de produtividade e redução do uso de insumos. Ensaio agrônomicos indicam que a aplicação de bioestimulantes pode aumentar a produtividade da cana em até 15% em determinadas condições de manejo. No entanto, a difusão dessas tecnologias ocorre de forma desigual, concentrando-se em grandes empreendimentos, o que limita seus efeitos sobre a sustentabilidade em escala territorial (Silva, 2018; Silva, 2020).

As práticas conservacionistas no cultivo da cana-de-açúcar têm sido incorporadas como resposta técnica aos impactos associados à intensificação produtiva. Entre essas

práticas, destaca-se a manutenção da palhada sobre o solo após a colheita mecanizada, que contribui para a redução da erosão hídrica e para a conservação da umidade. Estudos agrônômicos indicam que a permanência da palha pode reduzir perdas de solo em até 60% em áreas declivosas, além de favorecer o incremento da matéria orgânica ao longo dos ciclos produtivos. Essa estratégia, contudo, exige ajustes no manejo, especialmente no controle de pragas e na germinação da cultura, para evitar efeitos indesejados sobre a produtividade (Ferreira, 2020; Ferreira, 2020).

O reaproveitamento de resíduos agroindustriais constitui outro eixo relevante da sustentabilidade no setor sucroenergético. Subprodutos como a vinhaça, o bagaço e a torta de filtro⁴ têm sido utilizados como insumos agrícolas, reduzindo a necessidade de fertilizantes minerais. A aplicação controlada de vinhaça, por exemplo, pode fornecer até 70% da demanda de potássio da cultura, desde que respeitados critérios técnicos de dosagem e distância de corpos d'água. Entretanto, o uso inadequado desses resíduos pode resultar em contaminação do solo e das águas subterrâneas, evidenciando a necessidade de regulação técnica rigorosa e monitoramento contínuo das áreas de aplicação (Duarte e Menezes, 2019; Pereira *et al.*, 2019).

A biomassa residual da cana-de-açúcar tem sido explorada como insumo estratégico para a geração de energia e para o desenvolvimento de cadeias produtivas associadas às biorrefinarias. O bagaço e a palha, além de utilizados para cogeração de energia elétrica, podem servir como matéria-prima para a produção de biocombustíveis avançados e bioprodutos. Estimativas indicam que o aproveitamento integral da biomassa pode elevar em até 30% a eficiência energética do sistema produtivo. Todavia, a retirada excessiva da palha compromete a proteção do solo, exigindo critérios técnicos que equilibrem a geração de energia e a conservação dos atributos físicos e biológicos do ambiente agrícola (Ramos *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2017).

A sustentabilidade do manejo agrícola também depende da dinâmica biológica do solo, especialmente da atividade microbiana responsável pela ciclagem de nutrientes. A redução da biodiversidade microbiana em sistemas monoculturais intensivos pode comprometer a eficiência do uso de nutrientes e aumentar a dependência de insumos externos. Pesquisas indicam que práticas como a rotação de culturas, o uso de resíduos orgânicos e a

⁴ Conjunto de características do solo e do clima que, de forma integrada, influenciam a aptidão de uma área para determinado uso agrícola, afetando o desenvolvimento das culturas, a disponibilidade hídrica e o desempenho produtivo. Essa noção é compatível com a abordagem do Zoneamento Agrícola de Risco Climático, que considera parâmetros de clima, solo e ciclos das cultivares, e com a literatura que trata a relação clima-solo-planta como elemento central da análise ambiental e produtiva (Santos, 2017; Brasil, 2026).

redução do revolvimento do solo contribuem para o aumento da biomassa microbiana e para a estabilidade dos sistemas produtivos. No contexto canavieiro, a incorporação dessas práticas enfrenta limitações operacionais, mas apresenta potencial para a melhoria da sustentabilidade agrícola no médio prazo (Praxedes e Guimarães, 2025; Dias *et al.*, 2017).

A produtividade da cana-de-açúcar está diretamente relacionada à adequação das práticas de manejo às condições edafoclimáticas locais. Ensaios realizados em regiões de brejo de altitude e semiárido indicam variações significativas no desempenho de variedades, com diferenças superiores a 25% na produtividade entre genótipos submetidos às mesmas condições de manejo. Esses resultados evidenciam a importância da escolha varietal e da adaptação das práticas agrícolas ao contexto local, evitando a padronização de modelos produtivos que desconsideram a heterogeneidade ambiental. A sustentabilidade, nesse sentido, depende da integração entre conhecimento técnico, características ambientais e planejamento agrônomo (Botelho, 2019; Azevedo *et al.*, 2021).

O uso de bioestimulantes e reguladores de crescimento tem sido incorporado como estratégia para otimizar o desempenho fisiológico da cana-de-açúcar. Resultados experimentais indicam incrementos de até 12% na produção de colmos em áreas tratadas com bioestimulantes, associados à melhoria da absorção de nutrientes e ao desenvolvimento radicular. Apesar desses ganhos, a eficácia desses produtos varia conforme o manejo adotado e as condições ambientais, o que exige avaliação técnica criteriosa antes de sua aplicação em larga escala. A incorporação indiscriminada dessas tecnologias pode elevar os custos de produção sem garantir benefícios ambientais proporcionais (Silva, 2018; Silva, 2020).

A regulação técnica das práticas agrícolas no setor sucroenergético desempenha função relevante na mitigação de impactos ambientais. Normas técnicas relacionadas ao uso de insumos, à aplicação de resíduos e ao manejo do solo estabelecem parâmetros mínimos para a condução da atividade produtiva. Contudo, a efetividade dessas normas depende da capacidade de fiscalização e da adesão voluntária dos produtores às recomendações técnicas. Em municípios de pequeno porte, a limitação de recursos institucionais compromete o acompanhamento das práticas agrícolas, favorecendo a adoção de manejos que priorizam ganhos imediatos de produtividade em detrimento da sustentabilidade ambiental (Ferreira, 2020; Duarte e Menezes, 2019).

A incorporação de práticas sustentáveis no setor sucroenergético, portanto, ocorre de forma heterogênea e condicionada por fatores técnicos, econômicos e institucionais. Embora existam avanços pontuais no manejo agrícola e no aproveitamento de resíduos, persistem limites estruturais que dificultam a consolidação de um modelo produtivo ambientalmente

equilibrado. Esses limites evidenciam a necessidade de estratégias integradas que articulem inovação tecnológica, regulação técnica e planejamento territorial, de modo a reduzir os impactos ambientais sem comprometer a viabilidade econômica da produção canavieira (Guimarães, 2020; Tako e Kameo, 2023).

A busca por maior eficiência produtiva no setor sucroenergético tem levado à intensificação do uso de tecnologias agrícolas, com impactos diretos sobre a sustentabilidade dos sistemas de manejo. A adoção de agricultura de precisão, por exemplo, permite o ajuste localizado da aplicação de fertilizantes e corretivos, reduzindo desperdícios e minimizando perdas ambientais. Estudos técnicos indicam que o uso de mapas de produtividade e sensores de solo pode reduzir em até 20% a aplicação de insumos químicos, sem prejuízo ao rendimento agrícola. No entanto, a implementação dessas tecnologias exige investimentos elevados e capacitação técnica, o que restringe sua difusão a grandes produtores e reforça desigualdades no acesso às práticas sustentáveis (Tako e Kameo, 2023; Ferreira, 2020).

A sustentabilidade do manejo agrícola também está condicionada à capacidade de regeneração dos agroecossistemas submetidos ao cultivo contínuo da cana-de-açúcar. Sistemas produtivos baseados em monocultura prolongada tendem a apresentar redução progressiva da biodiversidade funcional, com impactos sobre o controle biológico de pragas e a ciclagem de nutrientes. Pesquisas indicam que áreas cultivadas de forma contínua por mais de dez ciclos agrícolas apresentam diminuição significativa da atividade enzimática do solo, refletindo menor eficiência biológica. A introdução de práticas como o consórcio temporário de culturas e o uso de plantas de cobertura tem sido apontada como alternativa para atenuar esses efeitos, ainda que sua aplicação permaneça limitada no setor sucroenergético (Praxedes e Guimarães, 2025; Dias *et al.*, 2017).

O manejo da fertilização potássica e nitrogenada constitui aspecto central na relação entre produtividade e sustentabilidade no cultivo canavieiro. A aplicação excessiva desses nutrientes, além de elevar os custos de produção, intensifica riscos de contaminação ambiental por lixiviação e volatilização. Ensaios agronômicos demonstram que ajustes na densidade de plantio associados ao manejo racional da adubação podem resultar em incrementos produtivos superiores a 10%, com redução proporcional do uso de fertilizantes. Esses resultados evidenciam que ganhos de eficiência podem ser alcançados por meio da adequação técnica das práticas de manejo, reduzindo impactos ambientais sem comprometer a produtividade agrícola (Silva, 2020; Silva, 2019).

A utilização de insumos alternativos de origem biológica tem sido investigada como estratégia complementar à sustentabilidade agrícola no setor sucroenergético. Materiais

lignocelulósicos e resíduos orgânicos apresentam potencial para a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, além de contribuírem para a redução da dependência de fertilizantes minerais. Experimentos indicam que a incorporação desses materiais pode aumentar a retenção de água no solo em até 15%, favorecendo o desenvolvimento da cultura em períodos de estresse hídrico. Contudo, a viabilidade técnica e econômica dessas práticas depende da disponibilidade local de resíduos e da adaptação dos sistemas produtivos às novas tecnologias (Ferreira *et al.*, 2020; Cavalcanti e Cavalcanti, 2019).

A sustentabilidade agrícola no setor sucroenergético também envolve a análise dos limites ambientais associados à intensificação produtiva. Mesmo com a adoção de práticas conservacionistas, a expansão da produção pode ultrapassar a capacidade de suporte dos ecossistemas locais, especialmente em áreas com fragilidade ambiental. A pressão contínua sobre o solo e os recursos hídricos tende a produzir efeitos cumulativos que não são plenamente captados por avaliações pontuais de impacto. Essa condição reforça a necessidade de planejamento técnico que considere não apenas a eficiência imediata das práticas agrícolas, mas também seus efeitos de médio e longo prazo sobre os sistemas naturais e produtivos (Duarte e Menezes, 2019; Pereira, 2019).

A regulação técnica das práticas agrícolas desempenha função mediadora entre inovação produtiva e proteção ambiental. Normas agronômicas, recomendações técnicas e protocolos de manejo estabelecem parâmetros mínimos para a condução sustentável da atividade canavieira. Contudo, a eficácia desses instrumentos depende de sua internalização pelos produtores e da capacidade de monitoramento por parte das instituições responsáveis. Em contextos onde a fiscalização é limitada, observa-se maior propensão à adoção de práticas que priorizam o aumento imediato da produtividade, em detrimento da conservação ambiental. Essa assimetria evidencia os desafios de consolidar a sustentabilidade agrícola em setores caracterizados por elevada pressão competitiva (Ferreira, 2020; Duarte e Menezes, 2019).

A articulação entre sustentabilidade agrícola e inovação tecnológica no setor sucroenergético revela tensões persistentes entre racionalidade econômica e limites ambientais. Embora avanços técnicos tenham contribuído para ganhos de produtividade e eficiência, sua adoção ocorre de forma seletiva e condicionada por fatores estruturais. A consolidação de práticas de manejo sustentável depende da integração entre conhecimento científico, regulação técnica e condições territoriais específicas. Essa integração permanece como desafio central para a redução dos impactos ambientais associados ao cultivo da cana-de-açúcar, indicando que a sustentabilidade no setor não pode ser compreendida apenas como

resultado da adoção isolada de tecnologias, mas como processo contínuo de ajuste entre produção e conservação (Guimarães, 2020; Tako e Kameo, 2023).

2.3 Direito Ambiental, políticas públicas e desafios de implementação no território

O Direito Ambiental brasileiro estrutura-se a partir do reconhecimento do meio ambiente ecologicamente equilibrado como bem jurídico de uso comum do povo e condição para a qualidade de vida. Essa concepção orienta a construção de um sistema normativo voltado à prevenção de danos, à responsabilização por degradações e à regulação das atividades produtivas potencialmente poluidoras. No contexto das atividades agroindustriais, o Direito Ambiental opera como instrumento de mediação entre interesses econômicos e a necessidade de proteção dos recursos naturais, incorporando princípios como a prevenção, a precaução e o poluidor-pagador. A efetividade desse arcabouço jurídico, contudo, depende da articulação entre normas, políticas públicas e capacidades institucionais nos territórios onde as atividades produtivas se materializam (Milaré, 2018; Bezerra, 2024).

A expansão de atividades agrícolas intensivas, como o cultivo da cana-de-açúcar, desafia a aplicação concreta das normas ambientais, sobretudo em municípios de pequeno porte e com limitada capacidade administrativa. Nessas localidades, observa-se a recorrente dissociação entre a densidade normativa existente e a efetividade de sua implementação. O Direito Ambiental, embora disponha de instrumentos jurídicos consolidados, enfrenta dificuldades operacionais relacionadas à fiscalização, ao licenciamento e ao monitoramento contínuo das atividades produtivas. Essa lacuna entre norma e prática contribui para a reprodução de danos ambientais e para a fragilização da proteção jurídica do meio ambiente, especialmente em contextos territoriais marcados por assimetrias econômicas e institucionais (Freiria, 2020; Milaré, 2018).

O licenciamento ambiental constitui um dos principais instrumentos da política ambiental brasileira para o controle de atividades potencialmente degradadoras. No setor sucroenergético, esse instrumento assume relevância central ao condicionar a instalação e a operação de empreendimentos ao cumprimento de requisitos técnicos e legais. Entretanto, a literatura jurídica aponta que o licenciamento, em muitos casos, tem sido reduzido a um procedimento formal, dissociado de uma avaliação integrada dos impactos cumulativos e territoriais. Essa limitação compromete sua função preventiva, especialmente quando o processo de licenciamento não considera adequadamente os efeitos indiretos e de longo prazo

das atividades agroindustriais sobre o território e as populações locais (Gaio, Rosner e Ferreira, 2023; Freiria, 2020).

No que se refere ao uso do fogo na agricultura, a legislação ambiental brasileira avançou significativamente ao estabelecer normas específicas para disciplinar essa prática. A Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024, institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, definindo diretrizes para a prevenção, o controle e a redução dos impactos ambientais associados ao uso inadequado do fogo. Conforme dispõe o art. 2º da referida lei:

“A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo tem por objetivo disciplinar, coordenar e orientar ações interinstitucionais para prevenir, controlar e reduzir a ocorrência e os impactos negativos do uso do fogo no território nacional, promovendo a substituição gradativa do uso do fogo por métodos sustentáveis nas atividades agropecuárias e florestais” (Brasil, 2024).

Esse dispositivo explicita a orientação preventiva da norma e sua aplicação direta às práticas agrícolas, incluindo a queima de canaviais (Brasil, 2024; Milaré, 2018).

A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo reforça a lógica da responsabilização ambiental ao prever sanções administrativas, civis e penais para o uso irregular do fogo. Ao articular-se com o Código Florestal e com a Lei de Crimes Ambientais, a norma amplia o alcance da tutela jurídica sobre práticas agrícolas que envolvem a combustão de biomassa. No entanto, a efetividade dessa legislação depende da capacidade de implementação em nível local, especialmente da atuação dos órgãos ambientais estaduais e municipais. Em territórios com fragilidade institucional, a aplicação das sanções previstas tende a ocorrer de forma seletiva ou tardia, reduzindo o efeito dissuasório da norma e comprometendo seus objetivos ambientais (Bezerra, 2024; Freiria, 2020).

No âmbito estadual, Minas Gerais dispõe de normativas específicas para regulamentar a queima da cana-de-açúcar, destacando-se a Deliberação Normativa COPAM nº 133, de 15 de abril de 2009. Essa norma estabelece critérios e prazos para a eliminação gradativa da queima como técnica de colheita, condicionando sua realização a autorizações específicas e ao cumprimento de requisitos técnicos. O art. 3º da referida deliberação dispõe, de forma expressa:

“A queima da cana-de-açúcar somente poderá ser autorizada em caráter excepcional, mediante comprovação técnica da inviabilidade da colheita mecanizada e desde que atendidas as condições ambientais estabelecidas pelo órgão competente” (Minas Gerais, 2009).

Esse dispositivo evidencia a orientação restritiva da norma e sua vinculação aos princípios da prevenção e da proteção ambiental (Minas Gerais, 2009; Milaré, 2018).

A regulamentação estadual é complementada pela Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 2.988, de 24 de julho de 2020, que disciplina a queima controlada no território mineiro. Essa resolução amplia as restrições ao uso do fogo, proibindo expressamente a prática em áreas próximas a rodovias, unidades de conservação e zonas urbanas, além de estabelecer condicionantes técnicas rigorosas. A norma reforça a compreensão de que o uso do fogo deve ser tratado como exceção e não como prática agrícola regular. Todavia, a efetividade dessas restrições enfrenta desafios relacionados à fiscalização em áreas rurais extensas e à limitação de recursos humanos e materiais dos órgãos ambientais estaduais (Minas Gerais, 2020; Freiria, 2020).

A judicialização das políticas públicas ambientais constitui fenômeno recorrente no contexto brasileiro, especialmente em setores produtivos caracterizados por elevada pressão econômica e impactos ambientais persistentes. No âmbito do setor sucroenergético, o recurso ao Poder Judiciário tem sido acionado tanto para compelir o Estado a exercer sua função fiscalizatória quanto para contestar atos administrativos restritivos à atividade produtiva. Esse movimento evidencia a fragilidade dos mecanismos administrativos de controle ambiental e a dificuldade de implementação efetiva das normas no território. A judicialização, embora funcione como instrumento corretivo, revela limites estruturais da governança ambiental, ao transferir para o Judiciário conflitos que deveriam ser resolvidos no âmbito das políticas públicas e da administração ambiental (Freiria, 2020; Milaré, 2018).

A atuação do Judiciário em matéria ambiental tem se orientado pela consolidação de entendimentos que reconhecem a supremacia do interesse ambiental frente a interesses econômicos imediatos. Decisões judiciais reiteradas afirmam a natureza indisponível do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e a legitimidade da intervenção estatal na regulação das atividades produtivas. No entanto, a efetividade dessas decisões no plano territorial depende da capacidade de execução das medidas determinadas, o que nem sempre ocorre de forma satisfatória. Em municípios com baixa estrutura administrativa, a ausência de equipes técnicas e de recursos financeiros compromete o cumprimento das determinações judiciais, esvaziando parcialmente seus efeitos práticos (Freiria, 2020; Bezerra, 2024).

O Decreto Estadual nº 39.792, de 5 de agosto de 1998, constitui um dos marcos normativos de Minas Gerais no que se refere à disciplina do uso do fogo em atividades rurais e florestais. Embora anterior às normas mais recentes, o decreto já estabelecia restrições relevantes à queima controlada, condicionando sua autorização à vistoria técnica e ao

cumprimento de requisitos específicos. O art. 10 do referido decreto dispõe de forma expressa:

“Fica proibida a utilização do fogo como técnica de exploração ou colheita florestal, salvo em casos excepcionais, devidamente autorizados pelo órgão competente, após vistoria técnica, observados os horários e condições estabelecidos em regulamento” (Minas Gerais, 1998).

Esse dispositivo evidencia a orientação restritiva da legislação estadual e sua aplicabilidade às práticas agrícolas que envolvem o uso do fogo (Minas Gerais, 1998; Milaré, 2018).

A coexistência de normas federais e estaduais sobre o uso do fogo na agricultura exige coordenação institucional para evitar lacunas e sobreposições normativas. A Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo estabelece diretrizes gerais, enquanto as normas estaduais detalham procedimentos e condicionantes técnicos aplicáveis ao território. No entanto, a ausência de mecanismos eficazes de articulação entre os diferentes níveis federativos compromete a uniformidade da aplicação das normas. Em contextos territoriais específicos, essa fragmentação normativa dificulta a compreensão das regras pelos produtores e favorece interpretações flexíveis, reduzindo a efetividade da regulação ambiental (Brasil, 2024; Freiria, 2020).

Os desafios de implementação do Direito Ambiental no território também estão associados à assimetria de poder entre os atores envolvidos. Grandes empreendimentos agroindustriais dispõem de recursos técnicos e jurídicos para acompanhar processos administrativos, obter licenças e contestar sanções, enquanto pequenos produtores e comunidades locais enfrentam dificuldades de acesso à informação e à defesa de seus direitos. Essa desigualdade estrutural influencia a forma como as normas ambientais são aplicadas e fiscalizadas, contribuindo para a seletividade da atuação estatal. O resultado é a reprodução de padrões de injustiça ambiental, nos quais os custos da degradação recaem de maneira desproporcional sobre populações mais vulneráveis (Bezerra, 2024; Milaré, 2018).

A implementação das políticas públicas ambientais no território depende, ainda, da capacidade dos órgãos ambientais de exercer funções de planejamento, licenciamento e fiscalização de forma integrada. A fragmentação institucional e a escassez de recursos humanos comprometem o acompanhamento contínuo das atividades produtivas, especialmente em áreas rurais extensas. No caso do setor sucroenergético, a fiscalização da queima da cana-de-açúcar e do cumprimento das condicionantes ambientais enfrenta

obstáculos operacionais, o que favorece a ocorrência de práticas irregulares. Essa limitação institucional evidencia a distância entre o arcabouço normativo existente e sua materialização no espaço territorial (Gaio, Rosner e Ferreira, 2023; Freiria, 2020).

Os conflitos socioambientais associados à aplicação do Direito Ambiental no setor sucroenergético também se manifestam na relação entre políticas públicas e interesses econômicos locais. Em municípios dependentes da atividade canavieira, gestores públicos frequentemente enfrentam pressões para flexibilizar a aplicação das normas ambientais em nome da manutenção de empregos e da arrecadação tributária. Essa dinâmica compromete a autonomia técnica dos órgãos ambientais e fragiliza a função regulatória do Estado. A prevalência de critérios econômicos imediatos sobre a proteção ambiental revela a dificuldade de consolidar uma cultura jurídica orientada pela prevenção e pela sustentabilidade no âmbito local (Bezerra, 2024; Milaré, 2018).

A análise dos desafios de implementação do Direito Ambiental no território evidencia que a existência de normas e políticas públicas, por si só, não assegura a proteção efetiva do meio ambiente. A distância entre a normatividade e a realidade empírica decorre de fatores institucionais, políticos e territoriais que condicionam a aplicação das leis. No contexto do setor sucroenergético, essa distância se expressa na persistência de práticas ambientalmente inadequadas, apesar da evolução do arcabouço legal. A superação desses desafios exige o fortalecimento das capacidades institucionais locais e a articulação entre instrumentos jurídicos, políticas públicas e participação social (Freiria, 2020; Gaio, Rosner e Ferreira, 2023).

A responsabilização por danos ambientais no ordenamento jurídico brasileiro apresenta natureza tríplice, abrangendo as esferas administrativa, civil e penal. Essa conformação normativa busca assegurar resposta estatal proporcional à gravidade das infrações ambientais e prevenir a reincidência de condutas lesivas. No contexto do setor sucroenergético, a responsabilização assume relevância particular diante da recorrência de infrações relacionadas ao uso irregular do fogo, ao descumprimento de condicionantes ambientais e à degradação de recursos naturais. Contudo, a efetividade desse modelo depende da capacidade dos órgãos ambientais de identificar infrações, lavrar autos administrativos e promover a articulação com o Ministério Público e o Poder Judiciário, o que nem sempre ocorre de forma sistemática nos territórios (Milaré, 2018; Bezerra, 2024).

A Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024, ao instituir a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo, reforça o regime de responsabilização ao estabelecer consequências

jurídicas para o uso inadequado do fogo em atividades agropecuárias. O art. 12 da referida lei dispõe expressamente que:

“O uso do fogo em desacordo com as diretrizes desta Lei sujeita o infrator às sanções administrativas, civis e penais previstas na legislação ambiental vigente, independentemente da obrigação de reparar os danos causados ao meio ambiente” (Brasil, 2024).

Esse dispositivo explicita a articulação entre a política pública de manejo do fogo e os mecanismos clássicos de responsabilização ambiental, reforçando o caráter preventivo e repressivo da norma no âmbito das atividades agrícolas (Brasil, 2024; Milaré, 2018).

A responsabilização administrativa constitui, na prática, o principal instrumento de resposta estatal às infrações ambientais no território. Multas, embargos e suspensão de atividades são aplicados com base em autos de infração lavrados pelos órgãos ambientais competentes. No entanto, estudos jurídicos apontam elevada taxa de judicialização e de anulação dessas sanções, frequentemente motivadas por falhas procedimentais ou insuficiência probatória. Essa realidade enfraquece o caráter pedagógico das penalidades e contribui para a percepção de baixa efetividade do controle ambiental. Em territórios com limitada capacidade fiscalizatória, a responsabilização administrativa tende a ser episódica, o que favorece a continuidade de práticas irregulares (Freiria, 2020; Bezerra, 2024).

A responsabilidade civil por danos ambientais, orientada pelo princípio da reparação integral, apresenta potencial relevante para a recomposição de áreas degradadas e a mitigação de impactos socioambientais. No entanto, sua aplicação enfrenta obstáculos práticos, especialmente em contextos territoriais onde a identificação do dano e do nexo causal é complexa. No setor sucroenergético, danos difusos, como poluição atmosférica decorrente de queimadas ou contaminação hídrica por insumos agrícolas, dificultam a quantificação do prejuízo ambiental e a definição das medidas reparatórias adequadas. Essas dificuldades contribuem para a morosidade dos processos e para a baixa efetividade da tutela civil ambiental no plano local (Milaré, 2018; Freiria, 2020).

A responsabilização penal ambiental, embora prevista como instrumento de repressão às condutas mais gravosas, apresenta aplicação restrita no setor agroindustrial. A exigência de tipificação específica e de comprovação de dolo ou culpa limita a incidência das sanções penais em casos de infrações ambientais relacionadas à atividade sucroenergética. Além disso, a baixa capacidade investigativa em áreas rurais compromete a apuração de crimes ambientais, favorecendo a impunidade. Essa limitação evidencia a predominância da esfera

administrativa como principal mecanismo de controle, ao mesmo tempo em que revela a fragilidade da resposta penal frente aos impactos ambientais recorrentes no território (Bezerra, 2024; Milaré, 2018).

O licenciamento ambiental, enquanto instrumento preventivo, deveria operar de forma integrada à responsabilização posterior, assegurando que condicionantes ambientais sejam efetivamente cumpridas. Contudo, a fiscalização do cumprimento dessas condicionantes enfrenta entraves institucionais relevantes, sobretudo em municípios de pequeno porte. A ausência de monitoramento contínuo permite que irregularidades persistam ao longo do tempo, reduzindo a eficácia do licenciamento como mecanismo de controle ambiental. Essa dissociação entre autorização administrativa e acompanhamento efetivo compromete a lógica preventiva do Direito Ambiental e reforça a percepção de fragilidade institucional no território (Gaio, Rosner e Ferreira, 2023; Freiria, 2020).

A implementação do Direito Ambiental no território também é condicionada pela atuação do Ministério Público, que exerce função central na defesa dos interesses difusos e coletivos. A propositura de ações civis públicas e termos de ajustamento de conduta tem sido utilizada como estratégia para suprir lacunas da fiscalização administrativa. Entretanto, a atuação ministerial enfrenta limites estruturais, como a sobrecarga de demandas e a dificuldade de acompanhamento técnico das atividades produtivas. Esses fatores reduzem a capacidade de resposta contínua do sistema jurídico e contribuem para a persistência de conflitos socioambientais não solucionados no âmbito local (Freiria, 2020; Milaré, 2018).

Os desafios de implementação do Direito Ambiental no setor sucroenergético evidenciam a necessidade de fortalecimento institucional e de integração entre instrumentos jurídicos e políticas públicas. A existência de normas detalhadas sobre o uso do fogo e a proteção ambiental não tem sido suficiente para assegurar sua efetividade no território. A distância entre o arcabouço normativo e a prática cotidiana revela limites estruturais da governança ambiental, especialmente em contextos marcados por dependência econômica e fragilidade administrativa. A superação desses desafios exige abordagens jurídicas que considerem as especificidades territoriais e promovam maior coerência entre regulação, fiscalização e responsabilização ambiental (Gaio, Rosner e Ferreira, 2023; Bezerra, 2024).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Delineamento da pesquisa e abordagem metodológica

A presente pesquisa foi desenvolvida com base nos princípios da metodologia científica sistematizada, conforme orientações de Lakatos e Marconi (2019), visando assegurar rigor analítico, coerência interna e confiabilidade aos resultados obtidos. Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, de caráter descritivo e analítico, voltado à compreensão dos impactos socioambientais associados à produção de cana-de-açúcar no município de Serra dos Aimorés (MG), à luz do Direito Ambiental e do desenvolvimento territorial sustentável.

A opção pela abordagem qualitativa justifica-se pela complexidade do fenômeno investigado, que envolve dimensões sociais, ambientais, econômicas e jurídicas, não passíveis de apreensão adequada por meio de métodos exclusivamente quantitativos. Conforme argumentam Tako e Kameo (2023), a pesquisa qualitativa mostra-se especialmente apropriada para análises que exigem interpretação aprofundada de percepções, práticas sociais e conflitos socioambientais inseridos em contextos territoriais específicos.

A construção metodológica iniciou-se com a definição do problema de pesquisa, dos objetivos geral e específicos e da delimitação temática e espacial do estudo, conforme os pressupostos apresentados por Lakatos e Marconi (2019). O problema investigado concentrou-se em compreender de que modo o manejo e o processamento da cana-de-açúcar impactam o meio ambiente e as comunidades locais de Serra dos Aimorés, bem como o papel do Direito Ambiental como instrumento de mitigação desses impactos.

3.2 Caracterização territorial: Serra dos Aimorés e a indústria sucroenergética

Serra dos Aimorés é um município brasileiro situado no extremo nordeste do estado de Minas Gerais, integrando a região geográfica intermediária e imediata de Teófilo Otoni, no Vale do Mucuri, território historicamente marcado por vulnerabilidades socioeconômicas e por dinâmicas produtivas interligadas aos estados vizinhos. De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – ano 2022, o município possui aproximadamente 6.859 habitantes, caracterizando-se como uma cidade de pequeno porte populacional, com economia fortemente dependente de atividades primárias e agroindustriais.

Em termos de localização, Serra dos Aimorés encontra-se a cerca de 620 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, e a aproximadamente 913 km de Salvador,

capital do estado da Bahia. Essa posição geográfica evidencia a condição de interioridade do município em relação aos grandes centros urbanos e administrativos, ao mesmo tempo em que revela sua inserção em um espaço de transição e circulação entre o Sudeste e o Nordeste brasileiro, influenciado por fluxos econômicos, produtivos e populacionais interestaduais.

Inserido no Vale do Mucuri, o município integra uma região historicamente contemplada por políticas de desenvolvimento regional, incluindo áreas atendidas pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Esse enquadramento institucional contribui para a compreensão dos ciclos econômicos locais, dos incentivos à expansão agroindustrial e dos desafios estruturais enfrentados pelo poder público municipal.

Do ponto de vista histórico, Serra dos Aimorés foi significativamente impactada pela implantação da Estrada de Ferro Bahia e Minas, inaugurada no final do século XIX. A ferrovia desempenhou papel fundamental no escoamento da produção agrícola, na circulação de pessoas e na integração econômica regional. Sua desativação, em 1966, marcou o encerramento de um ciclo de desenvolvimento baseado na logística ferroviária, deixando reflexos duradouros na organização territorial e econômica do município.

A base econômica local sempre esteve associada à agropecuária, à agricultura familiar e à pecuária extensiva. Contudo, a partir da segunda metade do século XX, intensificou-se o cultivo da cana-de-açúcar, inserindo Serra dos Aimorés de forma mais direta na cadeia produtiva sucroenergética. Atualmente, o município abriga a Destilaria de Álcool Serra dos Aimorés (DASA), única usina sucroenergética instalada em seu território, responsável pela produção de etanol e derivados da cana-de-açúcar, além de estabelecer relações produtivas com fornecedores rurais da região.

Embora seja a única usina localizada no município, Serra dos Aimorés encontra-se inserida em um arranjo territorial sucroenergético mais amplo, que inclui outras duas importantes unidades industriais situadas no estado da Bahia: a usina Bahia Bioenergia, localizada em Lajedão (BA), e a Usina Santa Maria Ltda., situada em Medeiros Neto (BA). Esses empreendimentos exercem influência direta sobre a dinâmica econômica, o uso da terra, as relações de trabalho e os impactos socioambientais percebidos no território de Serra dos Aimorés, reforçando o caráter interestadual da cadeia produtiva da cana-de-açúcar na região, como descrito na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2. Principais empreendimentos sucroenergéticos com influência territorial em Serra dos Aimorés

Empresa	Localização	Principais atividades
DASA – Destilaria de Álcool Serra dos Aimorés	Serra dos Aimorés (MG)	Produção de álcool (etanol) e açúcar a partir da cana-de-açúcar (Econodata)
Bahia Bioenergia	Lajedão (BA)	Produção de bioenergia, açúcar e etanol (Usina Bahia Bioenergia)
Usina Santa Maria Ltda.	Medeiros Neto (BA)	Produção de álcool e açúcar com moagem de cana (LinkedIn)

Fonte: Elaboração própria (2025)

Esse conjunto de fatores, localização geográfica, pequeno porte populacional, histórico de integração ferroviária, inserção em políticas regionais e presença de empreendimentos sucroenergéticos, constitui elemento central para a compreensão dos desafios e das perspectivas para a mitigação dos impactos socioambientais da produção de cana-de-açúcar, objeto central desta dissertação.

3.3 Posicionamento do pesquisador e escolhas metodológicas

As escolhas metodológicas que orientam esta pesquisa estão diretamente relacionadas à trajetória acadêmica e profissional do pesquisador, cuja formação interdisciplinar influenciou a definição do objeto de estudo, da abordagem analítica e das técnicas de investigação adotadas. Graduado em Ciências Sociais, com atuação como professor da educação básica e gestor escolar, e bacharel em Direito, o pesquisador construiu sua compreensão sobre o desenvolvimento territorial a partir da observação empírica e da reflexão crítica sobre realidades marcadas por conflitos socioambientais.

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, adequada à compreensão dos impactos socioambientais do manejo e do processamento da cana-de-açúcar no município de Serra dos Aimorés (MG), uma vez que busca analisar não apenas dados objetivos, mas sobretudo percepções, discursos e experiências sociais dos sujeitos inseridos nesse território. Essa opção metodológica dialoga com a formação sociológica do pesquisador, que privilegia a análise das relações sociais e dos significados atribuídos às práticas econômicas e ambientais.

O recorte territorial decorre da atuação profissional do pesquisador no município estudado, o que possibilitou aproximação contínua com a realidade local e favoreceu a

identificação dos principais problemas socioambientais associados ao setor sucroenergético. Essa inserção no campo empírico contribuiu para a escolha de técnicas capazes de captar as múltiplas dimensões do fenômeno investigado, respeitando suas especificidades históricas, sociais e ambientais.

A formação jurídica do pesquisador influenciou diretamente a análise dos dados, permitindo incorporar à investigação a dimensão normativa e institucional relacionada à proteção ambiental. Dessa forma, os impactos socioambientais identificados foram analisados à luz dos instrumentos legais existentes, das políticas públicas ambientais e das responsabilidades atribuídas ao poder público e ao setor produtivo, conferindo à pesquisa caráter interdisciplinar.

3.4 Procedimentos de coleta de dados

A pesquisa foi desenvolvida a partir de duas estratégias principais de coleta de dados: revisão bibliográfica e documental e coleta de dados primários em campo. A revisão bibliográfica e documental abrangeu livros, artigos científicos, documentos oficiais e legislações ambientais relacionadas ao setor sucroenergético, ao desenvolvimento territorial sustentável e ao Direito Ambiental. Foram discutidos instrumentos como o licenciamento ambiental, políticas públicas ambientais e mecanismos de fiscalização, buscando compreender seu papel na mitigação dos impactos socioambientais.

A coleta de dados primários ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas, realizadas com produtores rurais e moradores locais, possibilitando apreender percepções sobre os impactos do cultivo da cana-de-açúcar, incluindo benefícios econômicos, conflitos sociais e limitações ambientais observadas no território. Como técnica complementar, realizou-se observação direta em campo, mediante visitas às áreas de cultivo e às comunidades afetadas, com registro sistemático de práticas agrícolas, condições ambientais e aspectos da infraestrutura local.

3.5 Procedimentos de análise dos dados e categorias analíticas

A análise dos dados seguiu as etapas propostas por Duarte e Menezes (2019): (i) codificação inicial das informações coletadas; (ii) agrupamento temático; e (iii) interpretação dos resultados à luz do referencial teórico e jurídico adotado. Para orientar esse processo,

foram definidas quatro categorias de análise, elaboradas com base nos objetivos da pesquisa e no referencial teórico, permitindo articular as dimensões ambiental, social e jurídica do fenômeno investigado.

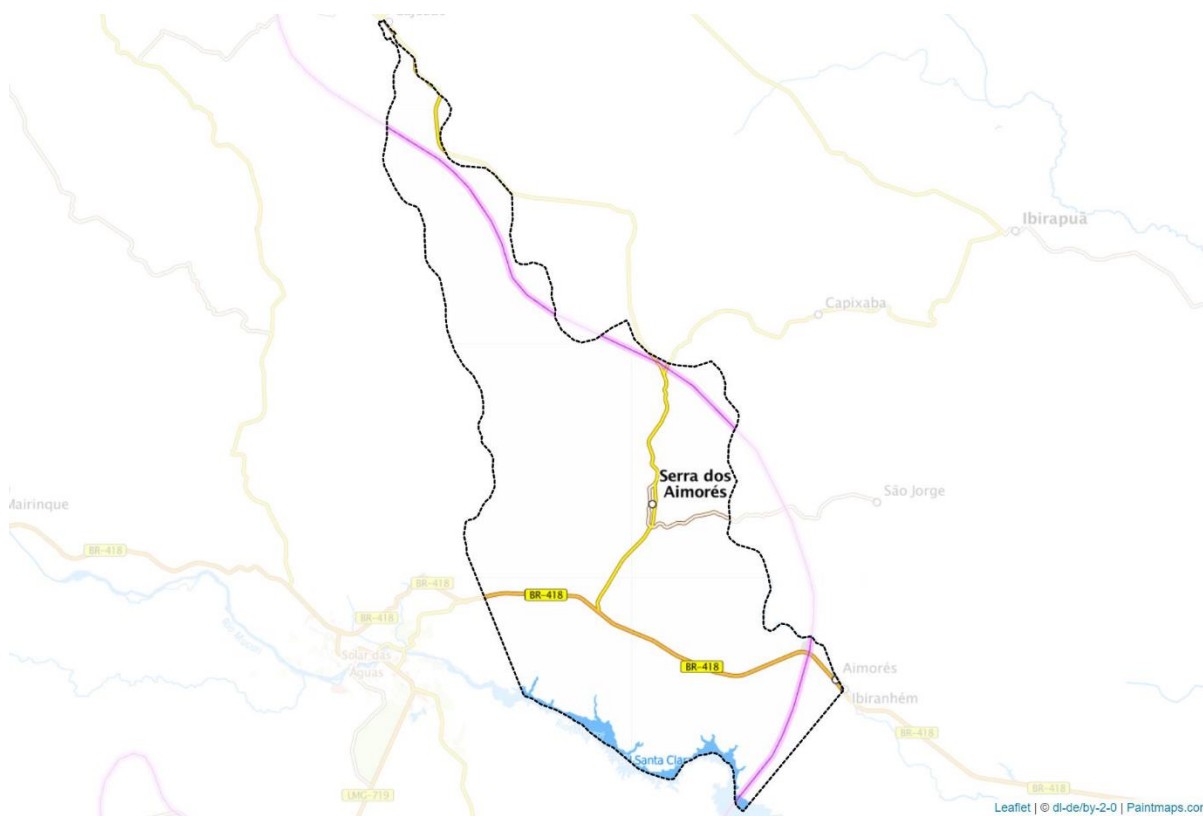
A proximidade do pesquisador com o campo empírico exigiu postura metodológica reflexiva, com adoção de distanciamento analítico, triangulação entre dados empíricos e literatura especializada e explicitação do posicionamento do pesquisador no processo investigativo, conforme os princípios da pesquisa qualitativa em Ciências Sociais.

Assim, a metodologia adotada reflete não apenas uma escolha técnica, mas uma construção coerente entre trajetória acadêmica, inserção territorial e rigor científico, contribuindo para uma compreensão aprofundada e contextualizada dos impactos socioambientais do setor sucroenergético em Serra dos Aimorés.

4. RESULTADOS

A proximidade com áreas de preservação ambiental torna o município de Serra dos Aimorés uma região sensível, onde atividades agroindustriais, como o plantio de cana-de-açúcar, necessitam de regulamentações rigorosas para assegurar a preservação dos ecossistemas. Mapas detalhados da região mostram a expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar e como elas se aproximam das áreas de preservação, o que gera preocupações sobre a sustentabilidade do uso da terra (Figura 1).

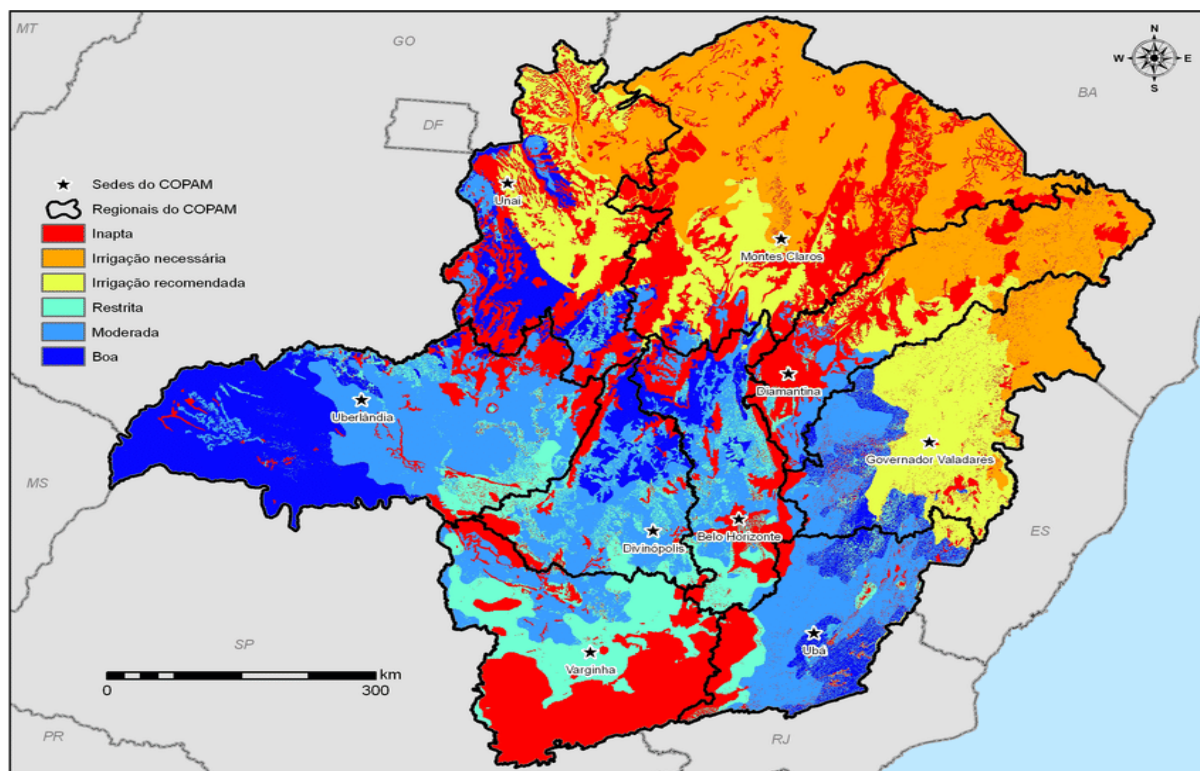
Figura 1. Mapa do município de Serra dos Aimorés (MG), com limites territoriais e principais vias de acesso



Fonte: www.openstreetmap.org.br

Segundo estudos realizados entre 2006 e 2011, a região abrangia uma área contígua de cana-de-açúcar superior a 100 mil hectares, distribuída em 106 fazendas assistidas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE)/Educampo-Cana, em parceria com a Destilaria de Álcool de Serra dos Aimorés (DASA) (Figura 2).

Figura 2. Aptidão das terras para o cultivo de cana-de-açúcar na região



Fonte: EMBRAPA (2009)

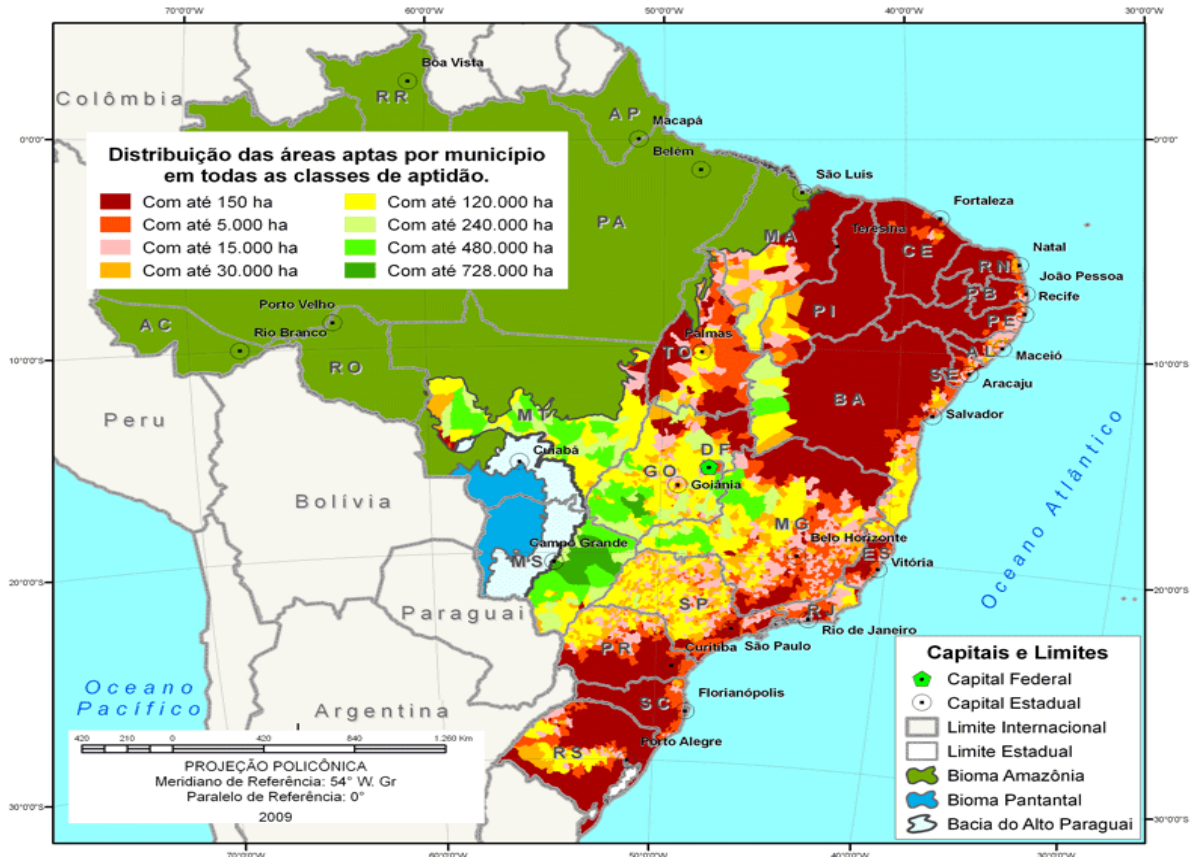
A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) disponibiliza um Mapa Interativo do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar. Este mapa fornece dados sobre áreas aptas, inaptas e com restrições ambientais para o cultivo, baseando-se em características edafoclimáticas (Figura 3).

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas agrícolas em Serra dos Aimorés, e sua expansão tem transformado a paisagem local. O cultivo é realizado em áreas de encostas e planícies, sendo favorecido pela disponibilidade de terras agrícolas e pela infraestrutura logística da região, que permite o transporte e o processamento da matéria-prima. A expansão do plantio, entretanto, levanta preocupações sobre a gestão dos recursos naturais, particularmente da água, que é amplamente utilizada para a irrigação das lavouras. Tal cenário corrobora a análise de Goldemberg *et al.* (2014), ao afirmarem que a expansão da cultura canavieira está diretamente relacionada à combinação entre aptidão edafoclimática, acesso logístico e demanda do setor sucroenergético.

Do ponto de vista territorial, observa-se que o avanço do cultivo de cana-de-açúcar na região tem promovido a reorganização do uso e ocupação do solo, muitas vezes em detrimento de áreas ambientalmente sensíveis. Conforme destaca Veiga (2010), a expansão de

monoculturas em territórios ecologicamente frágeis tende a intensificar processos de degradação ambiental, especialmente quando não acompanhada de planejamento territorial e de instrumentos eficazes de gestão ambiental.

Figura 3. Distribuição das áreas aptas à expansão de cana-de-açúcar



Fonte: EMBRAPA (2009)

No contexto específico de Serra dos Aimorés, a utilização intensiva dos recursos hídricos para irrigação das lavouras tem se apresentado como um dos principais pontos de tensão socioambiental. A literatura aponta que o setor sucroenergético é um dos maiores demandantes de água na agricultura brasileira, tanto na fase de cultivo quanto no processamento industrial (ANA, 2019). Essa constatação reforça a percepção deste estudo de que a pressão sobre os recursos hídricos locais pode comprometer não apenas os ecossistemas, mas também o abastecimento das comunidades rurais e urbanas da região.

Embora a produção de cana-de-açúcar contribua para a economia local, gerando empregos e estimulando investimentos em infraestrutura, como estradas e armazéns, tais benefícios econômicos não podem ser analisados de forma dissociada dos custos socioambientais. Sachs (2009) enfatiza que o desenvolvimento econômico somente pode ser

considerado sustentável quando integra, de maneira equilibrada, as dimensões econômica, social e ambiental. Nesse sentido, a geração de renda e emprego não justifica práticas produtivas que comprometam a qualidade ambiental e a disponibilidade futura dos recursos naturais.

Outro aspecto relevante refere-se à proximidade do cultivo de cana-de-açúcar com áreas ambientalmente protegidas, realidade observada em Serra dos Aimorés (MG). De acordo com Milaré (2018), atividades agrícolas desenvolvidas em zonas adjacentes a áreas protegidas exigem rigoroso cumprimento da legislação ambiental, especialmente no que se refere ao licenciamento ambiental, à preservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e à manutenção da qualidade dos recursos hídricos. No caso em estudo, essas áreas correspondem, principalmente, às faixas marginais de proteção ao longo dos cursos d'água do município, como o Rio Pau Alto, o Córrego do Barroso e o Córrego Sete de Setembro, além de áreas com remanescentes de vegetação nativa associadas à Serra dos Aimorés e ao Horto Florestal municipal. A fragilidade ou ausência desses mecanismos de proteção tende a intensificar os conflitos entre a expansão da atividade agrícola e a conservação ambiental.

Nesse contexto, a Tabela 3 apresenta as principais áreas de proteção ambiental identificadas em Serra dos Aimorés, destacando espaços de proteção municipal, áreas legalmente protegidas e regiões de relevância ecológica. Em seguida, a Tabela 4 relaciona os principais cursos d'água do município que geram APPs, conforme previsto no Código Florestal. Por sua vez, a Tabela 5 sintetiza os principais elementos ambientais e sua abrangência territorial, permitindo uma visão integrada da configuração socioambiental local.

Tabela 3. Áreas de proteção ambiental em Serra dos Aimorés-MG

Tipo de área protegida	Nome	Categoria	Fonte
Área verde municipal	Horto Florestal de Serra dos Aimorés	Proteção municipal	Câmara Municipal
Áreas legais de preservação	APPs da Bacia do Rio Mucuri	Proteção legal (Código Florestal)	Lei nº 12.651/2012
Região ecológica	Serra dos Aimorés	Formação natural com remanescentes de Mata Atlântica	Dados geográficos municipais

Fonte: IGAM (2021)

Tabela 4. Principais rios e córregos de Serra dos Aimorés-MG

Curso d'água	Percentual aproximado dentro do município
---------------------	--

Curso d'água	Percentual aproximado dentro do município
Córrego do Barroso	32,72%
Rio Pau Alto	24,46%
Córrego Sete de Setembro	18,00%

Fonte: ANA (2022)

Tabela 5. Resumo cartográfico das áreas ambientais

Elemento ambiental	Tipo	Abrangência
Bacia do Rio Mucuri	Região hidrográfica	Vale do Mucuri
Rio Pau Alto	APP	Serra dos Aimorés
Córrego do Barroso	APP	Serra dos Aimorés
Córrego Sete de Setembro	APP	Serra dos Aimorés
Remanescentes de Mata Atlântica	Bioma	Nordeste de Minas

Fonte: IGAM (2021)

A partir dos dados apresentados na Tabela 3, observa-se que Serra dos Aimorés possui diferentes formas de proteção ambiental, abrangendo tanto instrumentos formais previstos em lei quanto áreas de relevância ecológica reconhecidas em âmbito local. O Horto Florestal representa uma importante área verde de proteção municipal, enquanto as APPs vinculadas à Bacia do Rio Mucuri possuem respaldo legal direto no Código Florestal. Além disso, a própria Serra dos Aimorés se destaca como formação natural relevante, com remanescentes de Mata Atlântica, o que reforça a sensibilidade ambiental do município diante do avanço de atividades agroindustriais, como o cultivo da cana-de-açúcar.

No que diz respeito à rede hidrográfica local, a Tabela 4 evidencia os principais cursos d'água do município e sua representatividade aproximada no território de Serra dos Aimorés, demonstrando a importância das APPs associadas a esses corpos hídricos.

Os dados da Tabela 4 demonstram que o município é significativamente influenciado por uma rede hidrográfica composta por córregos e rios que demandam proteção permanente, nos termos da legislação ambiental. O Córrego do Barroso apresenta a maior representatividade proporcional no território municipal, seguido do Rio Pau Alto e do Córrego Sete de Setembro. Tal configuração indica que parte considerável do espaço municipal está sujeita à presença de APPs, o que impõe limites legais ao uso intensivo do solo e exige maior controle sobre atividades potencialmente degradadoras. Nesse sentido, a expansão do setor sucroalcooleiro em áreas próximas a esses corpos hídricos pode comprometer a integridade

dos ecossistemas aquáticos e ampliar riscos de assoreamento, contaminação e supressão de vegetação ciliar.

De modo complementar, a Tabela 5 apresenta um resumo cartográfico das principais áreas e elementos ambientais presentes em Serra dos Aimorés, relacionando os cursos hídricos, a bacia hidrográfica e os remanescentes vegetais de importância regional.

A síntese apresentada na Tabela 5 permite compreender Serra dos Aimorés como um território inserido em uma dinâmica ambiental mais ampla, articulada à Bacia do Rio Mucuri e à presença de remanescentes de Mata Atlântica no nordeste mineiro. Os dados cartográficos reforçam que o município não deve ser analisado apenas sob a ótica produtiva, mas também como espaço de elevada relevância ecológica, no qual a proteção dos recursos hídricos e da vegetação nativa constitui fator essencial para o desenvolvimento territorial sustentável. Dessa forma, a expansão da monocultura canavieira precisa ser acompanhada por instrumentos de planejamento e fiscalização ambiental capazes de conciliar produção econômica e preservação dos ecossistemas locais.

Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de estratégias de manejo sustentável, capazes de conciliar a viabilidade econômica da atividade canavieira com a conservação dos recursos naturais. Autores como Altieri (2012) defendem a implementação de práticas agroecológicas e de manejo conservacionista do solo e da água como alternativas para reduzir impactos ambientais e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos. Tal abordagem dialoga diretamente com a proposta desta pesquisa, que reconhece a importância econômica da cana-de-açúcar, mas problematiza seus efeitos socioambientais quando conduzida de forma inadequada.

Assim, a análise da expansão da cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés evidencia a necessidade de fortalecer instrumentos de gestão ambiental, políticas públicas integradas e mecanismos jurídicos eficazes, capazes de orientar o uso racional dos recursos naturais. A sustentabilidade da atividade, portanto, depende não apenas de avanços tecnológicos, mas também de um arcabouço institucional e normativo que assegure a proteção ambiental e o desenvolvimento territorial equilibrado.

Os impactos ambientais decorrentes do cultivo de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés são amplamente reconhecidos tanto pelos dados empíricos obtidos nesta pesquisa quanto pela literatura científica especializada. Os entrevistados destacam, de forma recorrente, os efeitos negativos sobre os recursos hídricos e a biodiversidade local, percepção que encontra respaldo em estudos desenvolvidos no âmbito acadêmico. Pesquisas realizadas no contexto da UNIARA indicam que a intensificação do cultivo canavieiro tende a ampliar a

pressão sobre ecossistemas frágeis, especialmente em regiões onde a atividade agrícola se aproxima de áreas de preservação ambiental (Silva, 2018).

No que se refere aos recursos hídricos, observa-se que o uso intensivo de fertilizantes químicos e agrotóxicos constitui um dos principais fatores de degradação ambiental associados à cultura da cana-de-açúcar. Conforme apontado por Pereira (2019), em dissertação defendida por Luiz (2023): “o escoamento superficial desses insumos químicos contribui significativamente para a contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos, comprometendo a qualidade da água destinada tanto ao consumo humano quanto à manutenção dos ecossistemas aquáticos.” Tal constatação reforça a percepção deste estudo de que a gestão inadequada dos insumos agrícolas representa um risco ambiental e social relevante para comunidades que dependem diretamente desses recursos naturais.

Além disso, a literatura evidencia que a degradação da qualidade da água afeta diretamente a biodiversidade aquática, provocando alterações na fauna e flora locais. De acordo com estudo de Costa (2020), a presença de resíduos de agrotóxicos em corpos hídricos próximos a áreas de cultivo canavieiro está associada à redução da diversidade de espécies e ao desequilíbrio dos ecossistemas, o que compromete serviços ambientais essenciais. Essa realidade é observada de forma semelhante na Serra dos Aimorés, conforme relatado pelos entrevistados, que apontam diminuição da fauna aquática e alterações nos cursos d'água ao longo do tempo.

Outro aspecto crítico identificado na pesquisa refere-se à persistência de práticas ambientalmente inadequadas, como a queima da palha da cana-de-açúcar para facilitar a colheita. Apesar dos avanços normativos e tecnológicos, essa prática ainda é observada em algumas áreas, contribuindo para a emissão de gases de efeito estufa e agravando os processos de aquecimento global. Segundo Almeida (2017), a queima da palha representa não apenas um problema climático, mas também um fator de degradação da qualidade do ar e de impactos diretos sobre a saúde das populações rurais.

Essa problemática assume contornos ainda mais graves em regiões ecologicamente sensíveis, como acontece no Município de Serra dos Aimorés, onde comunidades locais dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência. Conforme destaca Souza (2021), em estudo sobre desenvolvimento territorial sustentável, a degradação ambiental em áreas rurais intensifica vulnerabilidades sociais, ampliando conflitos pelo uso da água e comprometendo a segurança alimentar e hídrica das populações locais. Tal análise converge com os achados desta pesquisa, que evidenciam a interdependência entre conservação ambiental e qualidade de vida das comunidades.

Diante desse cenário, os dados empíricos e a literatura especializada reforçam a necessidade de adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, como o manejo adequado de resíduos, a redução do uso de insumos químicos e a implementação de tecnologias limpas no cultivo e processamento da cana-de-açúcar. Estudos desenvolvidos na UNIARA apontam que a incorporação de práticas conservacionistas do solo e da água constitui caminho fundamental para minimizar impactos ambientais e assegurar o equilíbrio ecológico a longo prazo (Ferreira, 2020). Assim, a sustentabilidade da atividade canavieira em Serra dos Aimorés depende da articulação entre inovação tecnológica, gestão ambiental eficaz e fortalecimento dos instrumentos de controle e fiscalização.

4.1 Perfil da amostra e caracterização dos participantes

A Tabela 6 apresenta a composição do conjunto de 300 entrevistados, organizada por grupos sociais, vínculo com o setor sucroalcooleiro e condições de trabalho ou situação social. A distribuição evidencia predominância de perfis com baixa escolaridade e inserção laboral precária, com recortes de gênero e raça que permitem qualificar os efeitos sociais do setor no território. A presença de 77 moradores da comunidade local, sem atuação direta na cadeia produtiva, amplia a capacidade interpretativa do estudo ao incorporar impactos indiretos sobre proteção social, vida comunitária e saúde, que emergem no material empírico como dimensões associadas à reorganização econômica local.

Tabela 6. Caracterização dos grupos entrevistados, vínculo com o setor sucroalcooleiro e condições de trabalho (n = 300)

Grupo de entrevistados	Quantidade	Perfil sociodemográfico	Vínculo com o setor sucroalcooleiro	Condições de trabalho / situação social
Mulheres de baixa renda e escolaridade baixa	100	Mulheres adultas, baixa escolaridade; 70 negras e pardas	Atuação direta ou indireta no corte, limpeza e atividades associadas à cana	Predominância de trabalho informal, pagamento por diária e produção; ausência de direitos trabalhistas
Jovens de 16 a 29 anos	40	Jovens de ambos os sexos, com histórico de evasão ou irregularidade escolar	Inserção precoce no corte, limpeza e, em alguns casos, queima da cana	23 sem registro trabalhista; parte concilia estudo e trabalho, com faltas escolares recorrentes
Homens negros e pardos de baixa renda	60	Homens adultos, majoritariamente negros e pardos, baixa	Trabalho direto no corte da cana-de-açúcar	Muitos migrantes de Pernambuco e Alagoas; relatos de exploração,

Grupo de entrevistados	Quantidade	Perfil sociodemográfico	Vínculo com o setor sucroalcooleiro	Condições de trabalho / situação social
		escolaridade		trabalho noturno, ausência de EPIs, abusos e medo de represálias.
Atores produtivos e institucionais	23	Usineiros, feirantes locais, empresários, profissionais da educação, conselho tutelar e profissionais da saúde	Atuação direta ou estratégica no setor sucroalcooleiro e seus efeitos sociais	5 usineiros, 3 professores da rede estadual, 2 empresários do ramo sucroalcooleiro, 3 agentes comunitários de saúde, 2 conselheiros tutelares e 8 feirantes, com relatos sobre economia local, saúde pública e impactos sociais
Moradores da comunidade local	77	Moradores do entorno dos canaviais, familiares de trabalhadores e lideranças comunitárias	Relação indireta com o setor	Relatos sobre trabalho doméstico, alcoolismo, abuso sexual, violência, drogas, vulnerabilidade social e aumento do acolhimento institucional de crianças
Total	300	—	—	—

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A predominância de informalidade e remuneração por diária nas 100 mulheres de baixa renda e baixa escolaridade, evidenciada pela Tabela 6, é reiterada nos depoimentos: “A gente trabalha por diária. Se não render, não recebe. Não tem carteira, não tem direito nenhum. Se adoecer, perde o dia.” O relato expõe uma forma de contratação que transfere o risco econômico para a trabalhadora e reduz a previsibilidade de renda, característica compatível com leituras que descrevem, em economias territoriais dependentes de cadeias agroindustriais, a coexistência de geração de renda sazonal com precarização estrutural e assimetrias de proteção social. Ao mesmo tempo, a frase “Preciso trabalhar para sustentar minha família e em Serra não tem emprego bom” indica baixa diversificação econômica, coerente com abordagens que situam a vulnerabilidade como resultado de dependência produtiva e fragilidade de alternativas ocupacionais (Veiga, 2010; Rigotto, Santos e Costa, 2022; Souza, 2021).

Nos recortes de gênero e raça, a Tabela 6 registra que 70 mulheres são negras e pardas, e as falas apontam uma dupla dimensão de vulnerabilidade: “Além do serviço pesado, ainda tem o preconceito. Mulher preta na cana sofre mais, ninguém escuta quando reclama.” O depoimento qualifica o impacto social para além da exploração econômica, sugerindo

barreiras simbólicas e institucionais à escuta e à denúncia. A frase “às vezes a gente machuca, corta o pé, machuca a coluna, adoce por causa da fumaça... e tem os bichos como cobra” articula risco ocupacional e risco ambiental, aproximando-se de interpretações que tratam a desigual distribuição de danos ambientais e de saúde como elemento de injustiça ambiental em territórios agroindustriais. Essa convergência entre empiria e literatura indica que a vulnerabilidade não se limita ao posto de trabalho, mas se expressa na interseção entre condições laborais, hierarquias sociais e exposição ambiental (Rigotto, Santos e Costa, 2022; Arbex *et al.*, 2004; Pierot, Brito e Godoy, 2025).

Entre os 40 jovens de 16 a 29 anos, a Tabela 6 aponta histórico de evasão ou irregularidade escolar e 23 sem registro trabalhista, e os depoimentos detalham mecanismos concretos dessa trajetória: “Eu parei de estudar porque na cana eu ganho na diária... preciso ajudar em casa, conta de água e luz muito caro.” Esse trecho explicita o incentivo econômico imediato que compete com a escolarização, e o custo de oportunidade educacional em contextos de renda baixa. Quando o entrevistado afirma “Tem dia que eu falto aula pra trabalhar, porque se não for, outro vai e pega meu lugar”, a fala indica substituíbilidade da força de trabalho e insegurança ocupacional típica de mercados informais. A literatura sobre desenvolvimento territorial descreve que, em municípios com baixa diversificação econômica, cadeias intensivas em trabalho podem produzir efeitos indiretos sobre capital humano, perpetuando ciclos de baixa escolaridade e dependência laboral (Veiga, 2010; Souza, 2021; Rigotto, Santos e Costa, 2022).

Nos 60 homens negros e pardos de baixa renda, a Tabela 6 registra relatos de exploração, ausência de EPIs, trabalho noturno e medo de represálias, reforçados por depoimentos como: “A gente vê coisa errada, mas fica calado. Se falar, perde o serviço.” O silenciamento por risco de demissão sugere baixa efetividade de canais de denúncia e fragilidade de fiscalização, o que dialoga com análises jurídicas sobre a distância entre normatividade protetiva e implementação territorial. A frase “Eu tenho várias bocas para comer” evidencia racionalidade de sobrevivência que limita a agência do trabalhador diante de violações. Ao mesmo tempo, o relato “Vim de Alagoas... quase não tem proteção nenhuma... deixei meus filhos e mulher” indica mobilidade laboral e externalização dos custos sociais para redes familiares distantes, aspecto compatível com leituras que associam agronegócio a circulação de mão de obra vulnerável e a assimetrias de proteção (Freiria, 2020; Bezerra, 2024; Rigotto, Santos e Costa, 2022).

A presença de 23 atores produtivos e institucionais e de 77 moradores com relação indireta com o setor permite interpretar efeitos para além do trabalho agrícola. A fala do

agente comunitário de saúde, “Aumentou muito o alcoolismo e a violência dentro das casas. Isso aparece todo dia nos atendimentos”, associada ao relato do feirante sobre aumento de “briga, bebida e problema com as crianças”, sugere que a intensificação econômica sazonal pode coexistir com agravamento de problemas sociais, especialmente onde redes de proteção são insuficientes. Tal achado se aproxima da literatura que descreve territórios de agronegócio como espaços de sobreposição de impactos sociais e ambientais, nos quais a renda gerada não se converte automaticamente em bem-estar coletivo. A menção ao “aumento do acolhimento institucional de crianças” reforça a dimensão institucional do impacto, indicando pressão sobre serviços públicos locais (Rigotto, Santos e Costa, 2022; Sachs, 2009; Souza, 2021).

4.2 Percepções de impactos ambientais e pressões ecológicas no município

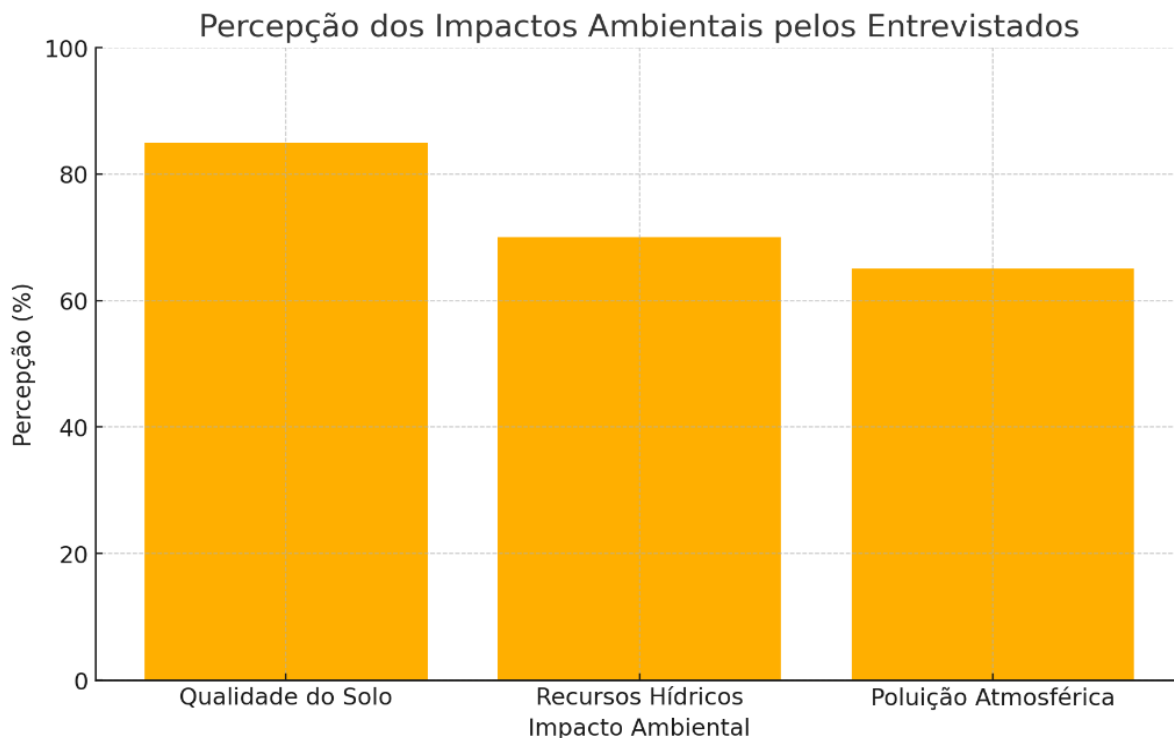
A Tabela 7 sintetiza as percepções dos entrevistados sobre impactos ambientais associados ao cultivo da cana-de-açúcar, e a Figura 4 representa essas proporções.

Tabela 7. Percepções dos entrevistados sobre impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar (n = 300)

Impacto Ambiental	Percepção (%)
Qualidade do Solo	85%
Recursos Hídricos	70%
Poluição Atmosférica	65%

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Figura 4. Gráfico da porcentagem de entrevistados que identificaram cada um dos principais impactos ambientais do cultivo da cana-de-açúcar



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A prevalência de menções à degradação do solo (85%), seguida por escassez hídrica (70%) e poluição atmosférica (65%), configura um padrão de percepção ambiental no qual diferentes componentes ecológicos são reconhecidos como afetados de forma simultânea, indicando que a população associa o avanço do cultivo canavieiro a mudanças persistentes no ambiente local, e não apenas a eventos episódicos.

O percentual de 85% relativo à degradação do solo encontra correspondência nos depoimentos sobre “terra ficou ruim” e sobre condições de trabalho que mencionam acidentes e esforço físico associado ao manejo, sugerindo que a percepção social incorpora tanto efeitos ambientais quanto efeitos do ambiente degradado sobre o cotidiano. A literatura especializada sobre impactos ambientais em cana indica que a intensificação do cultivo pode favorecer compactação e perda de qualidade edáfica, especialmente quando a pressão produtiva reduz a adoção de práticas conservacionistas. Assim, a magnitude da percepção não deve ser interpretada apenas como opinião, mas como indicador social de alteração ambiental que, em estudos de base territorial, costuma anteceder ou acompanhar evidências técnicas (Almeida, 2017; Duarte e Menezes, 2019; Altieri, 2012).

A percepção de escassez hídrica por 70% dos participantes apresenta compatibilidade com leituras sobre aumento da demanda de água em cadeias agroindustriais e com debates sobre deslocamento de pressão hídrica em territórios com baixa capacidade de governança.

Quando feirantes relatam que “a água está ficando cada vez mais escassa”, o depoimento reforça a dimensão comunitária do problema, que não se restringe ao uso produtivo. A literatura de gestão hídrica e comércio de água virtual discute que cadeias de produção podem incorporar volumes significativos de água ao produto final, transferindo custos ambientais para territórios produtores. Dessa forma, os dados do estudo sugerem que a escassez percebida pode estar associada tanto a captações quanto a variações sazonais intensificadas pelo uso agrícola (ANA, 2019; Almeida, Oliveira e Reis Neto, 2025; Pereira, 2019).

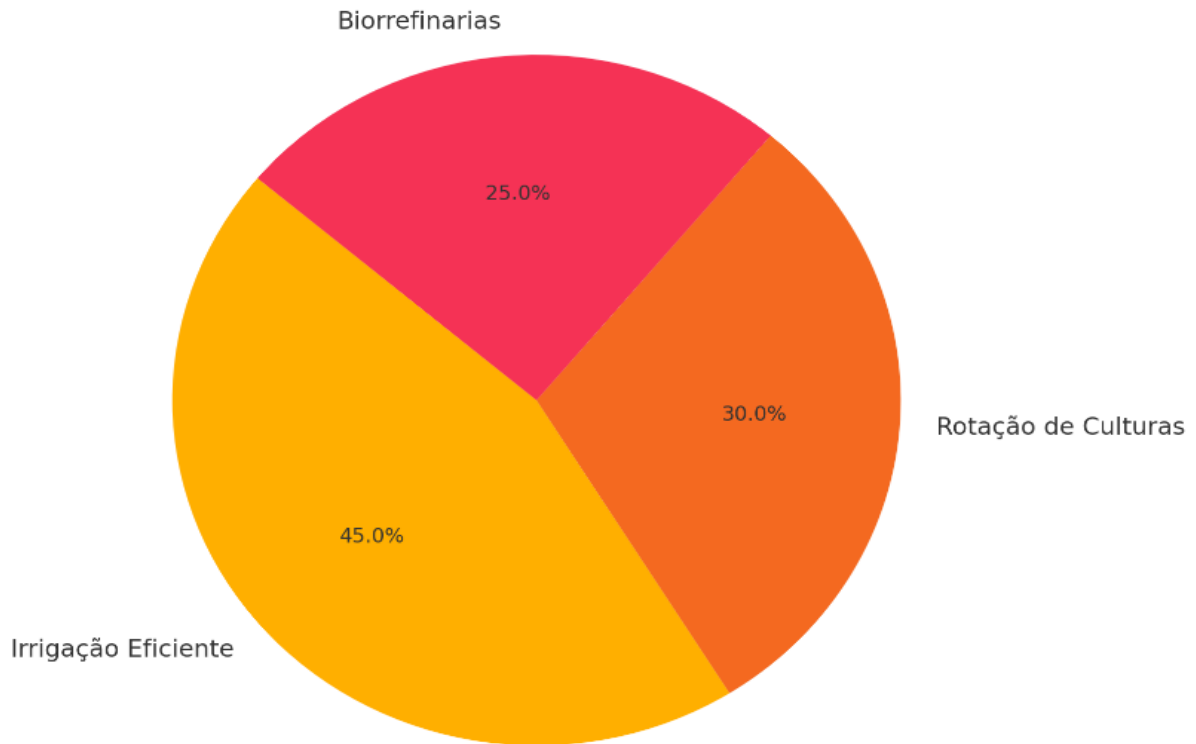
No caso da poluição atmosférica (65%), os depoimentos sobre “fumaça... por causa da queimada” e adoecimento reforçam a associação direta entre práticas de manejo e sintomas de saúde, articulando percepção ambiental e repercussão sanitária. A literatura em saúde ambiental descreve efeitos respiratórios associados à queima de biomassa, com maior sensibilidade em crianças e idosos, o que aproxima a percepção registrada do corpo de evidências que tratam queimadas como determinante ambiental de agravos. Além disso, a manutenção da prática apesar de restrições normativas sugere dificuldades de implementação e fiscalização, tema que se conecta ao debate jurídico sobre efetividade de normas ambientais em territórios dependentes do setor (Arbex *et al.*, 2004; Pierot, Brito e Godoy, 2025; Freiria, 2020).

4.3 Adoção de práticas sustentáveis e assimetrias tecnológicas entre empresas

Os resultados de adoção de práticas sustentáveis foram obtidos a partir de 10 empresas avaliadas, o que corresponde a 58,8% das 17 formalmente registradas no setor sucroenergético no município, segundo a Prefeitura de Serra dos Aimorés (2023). A Figura 5 sintetiza as proporções de adoção: irrigação por gotejamento (45%), rotação de culturas (30%) e iniciativas de biorrefinaria (25%). A apresentação comparativa permite identificar assimetrias tecnológicas e barreiras de investimento que influenciam a difusão de estratégias de mitigação ambiental no setor local.

Figura 5. Gráfico da adoção de práticas sustentáveis pelas empresas avaliadas na Serra dos Aimorés (n = 10)

Adoção de Práticas de Manejo Sustentável pelas Empresas



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A taxa de 45% de irrigação por gotejamento, restrita a empresas de maior porte, indica que a eficiência hídrica é condicionada por capacidade de investimento, o que tende a reproduzir desigualdades no desempenho ambiental do setor. Esse achado se articula ao depoimento do usineiro: “Nem sempre dá pra cumprir tudo que a lei pede, principalmente quando o custo é alto”, pois explicita que o custo opera como variável de decisão também para a adoção de tecnologias ambientais. A literatura técnica aponta que sistemas de irrigação eficientes exigem implantação e manutenção, e sua ausência em pequenas e médias propriedades contribui para consumo hídrico maior, o que se alinha à percepção de escassez hídrica relatada por 70% dos entrevistados (Pereira, 2019; Duarte e Menezes, 2019; ANA, 2019).

A rotação de culturas em apenas 30% das empresas evidencia baixa diversificação produtiva, compatível com a tendência de especialização canavieira descrita pelos feirantes, que associam redução de alimentos locais à expansão da cana. A literatura agroecológica e de sustentabilidade agrícola destaca que rotação e diversificação reduzem pressão sobre o solo e contribuem para controle biológico, porém sua adoção exige reorganização do sistema

produtivo e, em cadeias orientadas ao etanol, pode ser percebida como perda de rentabilidade no curto prazo. Dessa forma, o dado de 30% sugere que, no território, benefícios agrônômicos reconhecidos não se convertem em adoção generalizada sem incentivo e suporte técnico (Altieri, 2012; Duarte e Menezes, 2019; Ferreira, 2020).

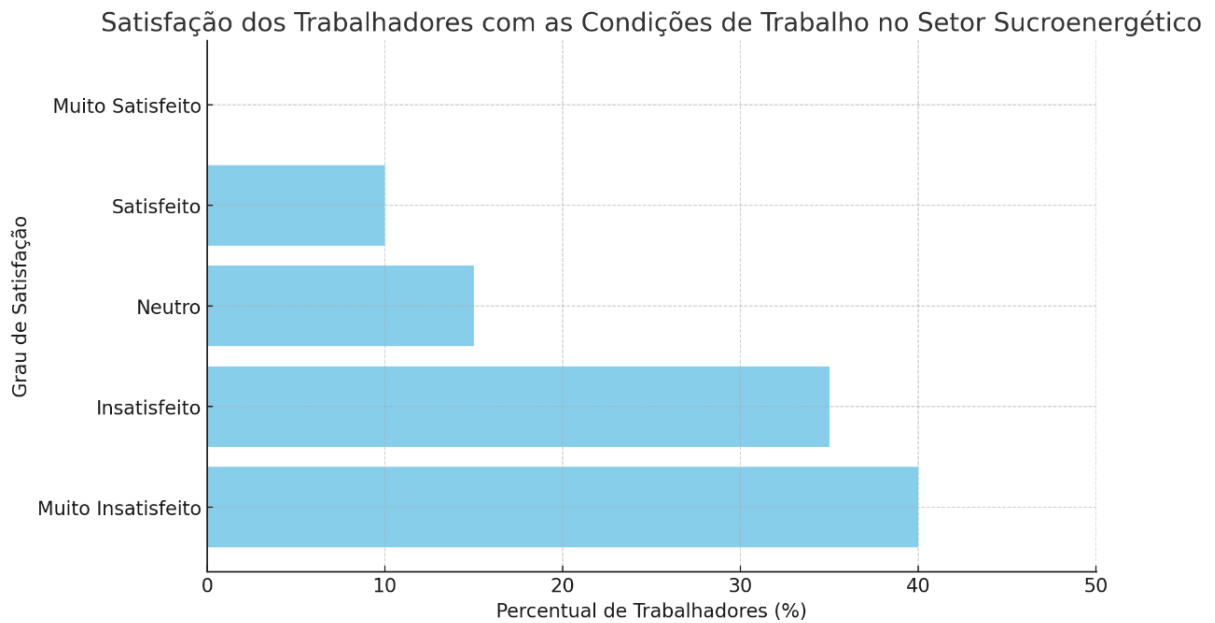
A adoção de biorrefinarias por 25% das empresas revela inovação tecnológica localizada e limitada por capital, infraestrutura e acesso à tecnologia, o que é coerente com a literatura sobre conversão de resíduos lignocelulósicos⁵ e implementação de projetos de biorrefinaria, frequentemente restritos a empreendimentos de maior escala. Quando o empresário afirma “A mecanização é o futuro, mas enquanto isso não chega...”, indica uma narrativa de transição gradual, que também pode ser aplicada ao tema da biorrefinaria, já que ambas dependem de investimentos e reestruturação produtiva. Assim, o percentual de 25% reforça a interpretação de que a mitigação via inovação não se difunde espontaneamente, exigindo instrumentos de política pública e regulação técnica que reduzam barreiras de entrada (Ramos *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2017; Tako e Kameo, 2023).

4.4 Condições de trabalho, satisfação laboral e responsabilidade social corporativa

A Figura 6 apresenta o grau de satisfação dos trabalhadores quanto às condições de trabalho no setor sucroenergético, com 40% “muito insatisfeitos”, 35% “insatisfeitos” e 10% “satisfeitos”. A Tabela 8 reúne percentuais de ações de responsabilidade social corporativa reportadas pelos entrevistados: treinamento e capacitação (25%), segurança no trabalho (20%), benefícios comunitários (15%) e transparência (10%). A leitura conjunta permite relacionar percepções de precarização com baixa institucionalização de medidas corporativas de proteção e de integração comunitária (Rigotto, Santos e Costa, 2022; Bezerra, 2024; Freiria, 2020).

Figura 6. Gráfico do grau de satisfação dos trabalhadores com as condições de trabalho no setor sucroenergético

⁵ Resíduos vegetais ou agroindustriais compostos principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, com potencial de aproveitamento energético e industrial (EMBRAPA, 2011).



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Tabela 8. Principais ações de responsabilidade social corporativa relatadas pelos entrevistados

Prática de RSC	Implementação (%)
Treinamento e Capacitação	25%
Segurança no Trabalho	20%
Benefícios Comunitários	15%
Transparência nas Ações	10%

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

A taxa de 75% de insatisfação ou muita insatisfação deve ser interpretada em conexão com os depoimentos que descrevem ausência de direitos e riscos ocupacionais: “Não tem carteira, não tem direito nenhum” e “quase não tem proteção nenhuma”. Esse padrão sugere precarização do trabalho como elemento estrutural e não pontual, com efeitos sobre saúde e estabilidade econômica. A literatura sobre territórios do agronegócio discute que, quando a expansão produtiva se apoia em mão de obra vulnerável, tende a ocorrer concentração de benefícios e difusão de custos sociais, o que se manifesta na sobrecarga de serviços públicos e em conflitos comunitários. Assim, a Figura 6 não apenas descreve satisfação, mas sinaliza disfunção institucional de proteção laboral (Rigotto, Santos e Costa, 2022; Freiria, 2020; Bezerra, 2024).

Os percentuais da Tabela 8, sobretudo segurança no trabalho em 20% e transparência em 10%, ajudam a explicar a persistência de relatos de medo e silenciamento, como “se falar, perde o serviço”, pois transparência baixa reduz a previsibilidade de padrões e canais de

comunicação. A literatura jurídica sobre efetividade regulatória indica que a ausência de medidas preventivas e de prestação de contas pode aumentar judicialização e conflitos, especialmente quando o controle administrativo é frágil. Além disso, benefícios comunitários em 15% é coerente com a percepção de aumento de problemas sociais relatados por agentes comunitários e moradores, sugerindo que ações empresariais não têm escala para compensar externalidades sociais associadas ao ciclo da safra (Freiria, 2020; Milaré, 2018; Gaio, Rosner e Ferreira, 2023).

4.5 Impactos sobre a economia local, feiras e abastecimento alimentar

Os feirantes relataram redução de variedade de hortifrúti (70%), necessidade de buscar produtos em municípios vizinhos com aumento de custos (60%), aumento médio de preços em três anos (20%, segundo 75% dos entrevistados), queda nas vendas (50%) e mudança de comportamento do consumidor com maior procura por industrializados e não perecíveis (55%). Também foram citadas preocupações com água (65%) e com queimadas (40%), conectando economia local e pressões ambientais. Esses achados descrevem efeitos indiretos da expansão canavieira sobre circuitos locais de abastecimento e comercialização (Sachs, 2009; Veiga, 2010; Souza, 2021).

Os depoimentos: “Como feirante, senti que a feira não é mais a mesma” e “Serra era uma cidade boa...mas agora só cana e a terra ficou ruim” associam diretamente mudança econômica e degradação ambiental percebida, indicando que a expansão canavieira altera simultaneamente base produtiva e abastecimento local. A literatura de desenvolvimento territorial enfatiza que especialização produtiva pode reduzir a diversidade agrícola e enfraquecer mercados locais quando a terra é direcionada a uma única *commodity*, o que contribui para encarecimento de alimentos e perda de circuitos curtos de comercialização. Nesse sentido, a combinação de 70% de redução de variedade e 60% de busca de produtos fora do município é consistente com a hipótese de substituição produtiva e aumento de custos logísticos (Veiga, 2010; Sachs, 2009; Souza, 2021).

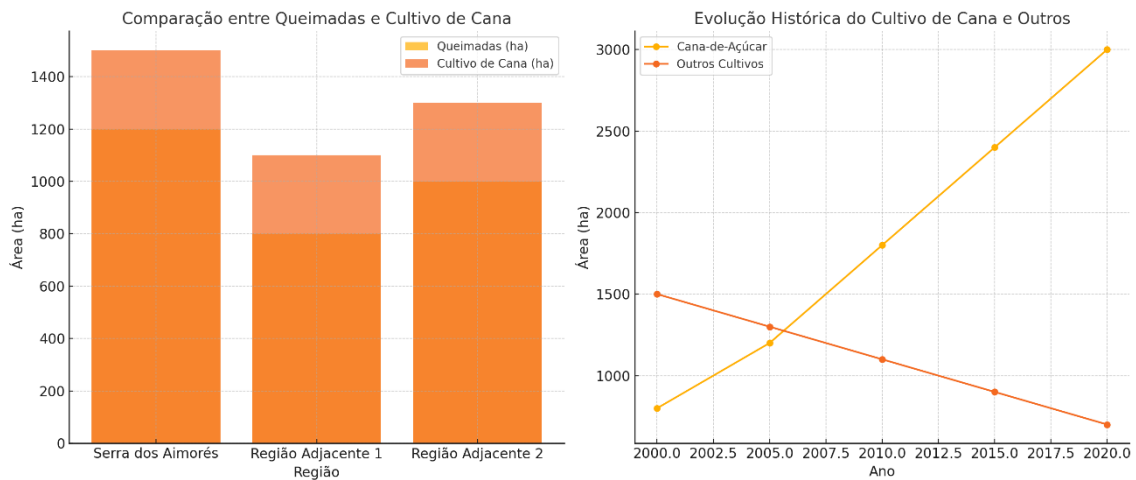
A elevação média de preços de 20% relatada por 75% dos entrevistados e a queda nas vendas indicada por 50% sugerem reconfiguração de demanda e oferta em um mercado local limitado. Quando os feirantes afirmam que “os produtos vêm de longe, e o frete é caro”, o relato converge com a leitura territorial de que a perda de produção diversificada local desloca o abastecimento para redes externas, aumentando custos e reduzindo margem de lucro. A mudança de consumo para produtos industrializados, mencionada por 55%, reforça a

interpretação de que o acesso a alimentos frescos se torna mais restrito, com implicações sociais relevantes. Essa leitura é compatível com abordagens que associam monocultura e perda de diversidade agrícola à fragilização de sistemas alimentares locais (Sachs, 2009; Veiga, 2010; Souza, 2021).

4.6 Queimadas, expansão do cultivo e substituição de outros cultivos

A Figura 7 foi elaborada com base em dados do IBGE e apresenta a comparação entre áreas de queimadas e áreas de cultivo de cana, além da evolução do cultivo ao longo do tempo. Em Serra dos Aimorés, registraram-se 1.200 hectares de queimadas e 1.500 hectares de cana, e a série histórica indica crescimento da cana de 800 hectares (2000) para 3.000 hectares (2020), aumento de 275%. No mesmo período, outros cultivos reduziram de 1.500 hectares para 700 hectares (IBGE, 2024; Pierot, Brito e Godoy, 2025; Almeida, 2017).

Figura 7. Gráfico da comparação entre queimadas, cultivo de cana e evolução do cultivo em Serra dos Aimorés e regiões adjacentes



Fonte: Autoria própria com base em dados do IBGE (2024)

5 DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados evidenciam que a expansão da cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés provocou transformações significativas nas dimensões ambiental, social e institucional do território. A análise das categorias de pesquisa permitiu compreender de que forma os impactos socioambientais observados se articulam com as limitações das políticas públicas e dos instrumentos jurídicos disponíveis para sua mitigação.

A intensificação do cultivo de cana-de-açúcar na região tem gerado pressões sobre os ecossistemas locais, afetando a qualidade da água, a fertilidade do solo e a biodiversidade. As entrevistas revelaram preocupações recorrentes com o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes, que contribuem para a contaminação de nascentes e para o desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Esses achados confirmam o que Dias *et al.* (2017) e Ferreira *et al.* (2020) destacam em seus estudos: que a expansão de monocultivos em áreas ambientalmente sensíveis tende a comprometer a sustentabilidade ecológica e o bem-estar das populações locais.

Além dos danos ambientais, os efeitos sociais foram igualmente expressivos. A escassez hídrica relatada pelos entrevistados e os conflitos pelo uso da água revelam uma vulnerabilidade crescente das comunidades, especialmente das que dependem da agricultura de subsistência. A concentração fundiária e a substituição de cultivos diversificados pela monocultura da cana reforçam processos de exclusão econômica, confirmando as análises de Pessoa *et al.* (2021), que apontam para a perda de autonomia das populações rurais diante da expansão do setor sucroenergético.

Os dados empíricos demonstraram que, embora algumas empresas tenham adotado práticas de manejo sustentável, como irrigação por gotejamento e uso de biorrefinarias, essas iniciativas ainda são pontuais e concentram-se em empreendimentos de maior porte. Essa realidade reflete a desigualdade estrutural do setor e evidencia a carência de políticas de incentivo e de fiscalização ambiental efetiva. Como assinalam Garstka (2019) e Martins *et al.* (2018), a adoção de tecnologias sustentáveis requer apoio financeiro, capacitação técnica e mecanismos regulatórios que favoreçam a transição para sistemas produtivos menos degradantes.

A análise também mostrou que a ausência de uma cultura organizacional voltada à sustentabilidade limita a efetividade das ações ambientais. Muitos produtores e empresas encaram as práticas sustentáveis como exigências legais e não como parte integrante de sua

estratégia produtiva. Essa percepção reduz o alcance das medidas adotadas e impede avanços mais significativos na redução dos impactos ambientais.

A aplicação das normas ambientais brasileiras em Serra dos Aimorés mostrou-se insuficiente para conter os efeitos negativos do cultivo intensivo de cana. O licenciamento ambiental, o cumprimento do Código Florestal e a observância das áreas de preservação permanente (APPs) ainda enfrentam entraves burocráticos, escassez de fiscalização e limitações institucionais. Tais fragilidades confirmam as análises de Cunha (2018) e Nakashima *et al.* (2017), segundo as quais a efetividade das leis ambientais depende de sua aplicação prática e da integração entre órgãos públicos, empresas e comunidades locais.

Além disso, as entrevistas indicaram que muitos produtores desconhecem os mecanismos jurídicos de mitigação disponíveis, o que reforça a necessidade de ações educativas e de capacitação ambiental. A consolidação de políticas de incentivo, como linhas de crédito específicas para práticas sustentáveis e programas de certificação ambiental, poderia ampliar a adesão do setor às normas e estimular a corresponsabilidade na gestão dos recursos naturais.

A análise das condições de trabalho e das práticas de responsabilidade social corporativa revelou deficiências significativas. A insatisfação dos trabalhadores, associada à precarização das condições laborais e à ausência de benefícios sociais, reflete a persistência de um modelo produtivo que privilegia o rendimento econômico em detrimento da valorização do trabalho humano. Como argumenta Silva (2020), a Responsabilidade Social Corporativa - RSC deve transcender o cumprimento legal e incorporar um compromisso ético com a qualidade de vida das comunidades e dos trabalhadores.

No município de Serra dos Aimorés, entretanto, as ações de Responsabilidade Social Corporativa - RSC são ainda incipientes e desiguais, concentrando-se em iniciativas pontuais de capacitação e doação, sem articulação com políticas de desenvolvimento local. Essa constatação indica que a sustentabilidade no setor sucroenergético só poderá ser alcançada por meio da integração entre práticas ambientais, sociais e econômicas, que fortaleçam o papel das empresas como agentes de transformação territorial positiva.

De modo geral, os resultados demonstram que a sustentabilidade em Serra dos Aimorés (MG) depende da articulação entre práticas produtivas responsáveis, fortalecimento institucional e participação social. A ausência de integração entre os diferentes atores, empresas, governo e comunidades, limita a eficácia das medidas de mitigação e compromete a construção de um modelo territorial equilibrado.

Assim, os achados da pesquisa reforçam a hipótese de que os impactos socioambientais do setor sucroenergético na região decorrem não apenas de práticas agrícolas intensivas, mas também de deficiências estruturais na governança ambiental e na aplicação do Direito. O desafio central reside, portanto, em transformar o conjunto normativo e técnico existente em práticas efetivas de gestão, que garantam o desenvolvimento econômico sem comprometer a integridade ambiental e social do território.

A análise desenvolvida neste capítulo permitiu compreender que os impactos socioambientais decorrentes da produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés estão profundamente vinculados às limitações das políticas públicas, à fragilidade da governança ambiental e à insuficiente efetividade dos instrumentos jurídicos disponíveis. Embora o setor sucroenergético apresente potencial de contribuição para o desenvolvimento regional, sua sustentabilidade depende de transformações estruturais que conciliem produtividade, equidade social e preservação ambiental. As discussões aqui apresentadas reforçam, portanto, a necessidade de fortalecer os mecanismos de controle, ampliar a participação social e promover maior integração entre os agentes públicos e privados envolvidos na gestão territorial. A partir de tal análise, as conclusões centrais da pesquisa, destacam suas contribuições teóricas e práticas e a proposta de caminhos possíveis para o aprimoramento das políticas ambientais e jurídicas voltadas ao setor.

A presente pesquisa teve como propósito analisar os impactos socioambientais do manejo e processamento da cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés, considerando, em especial, as ferramentas jurídicas e ambientais disponíveis para a mitigação desses efeitos. A partir da análise empírica e documental, foi possível compreender de que modo a expansão da monocultura canavieira tem afetado o equilíbrio ecológico e social da região, evidenciando tanto os avanços quanto as fragilidades das políticas públicas e dos instrumentos de regulação ambiental aplicáveis ao setor sucroenergético.

Os resultados indicaram que, embora a produção de cana-de-açúcar exerça papel relevante na economia regional, ela tem provocado alterações significativas no uso e ocupação do solo, degradação de áreas de preservação e contaminação de recursos hídricos. As comunidades locais enfrentam escassez de água, perda de biodiversidade e precarização das condições de trabalho, efeitos diretamente associados à intensificação de práticas agrícolas mecanizadas e ao uso extensivo de insumos químicos. Tais dinâmicas reforçam a vulnerabilidade socioambiental e a necessidade de um modelo produtivo mais equilibrado.

Sob a perspectiva jurídica, verificou-se que o conjunto normativo brasileiro, representado pelo Código Florestal, pela Lei de Crimes Ambientais e pelas resoluções do

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), oferece instrumentos suficientes para promover a mitigação dos impactos ambientais. Contudo, a efetividade dessas normas depende da capacidade institucional de fiscalização, da integração entre políticas públicas e da sensibilização dos agentes econômicos. Em Serra dos Aimorés, observou-se a implementação irregular dessas normas, marcada por lacunas administrativas e ausência de monitoramento contínuo, o que compromete a proteção ambiental e a responsabilização de agentes causadores de dano.

A pesquisa também evidenciou que as iniciativas empresariais de responsabilidade socioambiental permanecem incipientes, frequentemente limitadas a ações pontuais e desvinculadas de estratégias de longo prazo. A ausência de planejamento e de indicadores de desempenho ambiental impede a consolidação de um modelo de gestão sustentável. Nesse contexto, reafirma-se a importância de políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias limpas, a diversificação produtiva e a valorização das práticas tradicionais das comunidades locais.

Entre as recomendações práticas, destaca-se a adoção de sistemas de irrigação eficiente, como o gotejamento, e de técnicas de manejo sustentável que priorizem o controle biológico de pragas e o uso de insumos menos agressivos ao meio ambiente. Tais medidas contribuem para a preservação dos ecossistemas e reduzem a dependência de produtos químicos nocivos à biodiversidade e à saúde humana. A mecanização da colheita, além de eliminar as queimadas e reduzir a poluição atmosférica, representa avanço técnico relevante para o setor, desde que acompanhada por políticas de incentivo e subsídios acessíveis aos pequenos e médios produtores.

O fortalecimento das políticas públicas é igualmente essencial. Recomenda-se a criação de programas de incentivo financeiro e linhas de crédito específicas para produtores que adotem práticas sustentáveis, bem como a intensificação da fiscalização ambiental e a concessão de benefícios fiscais às empresas que invistam em tecnologias limpas e na recuperação de áreas degradadas. A implementação de planos diretores regionais que limitem a expansão da monocultura em áreas de grande valor ecológico e a criação de comitês multissetoriais de gestão socioambiental, com a participação de governos, empresas e comunidades locais, são medidas estratégicas para garantir a governança territorial e o uso sustentável dos recursos naturais.

No campo do desenvolvimento social, é fundamental promover a diversificação das atividades rurais e fortalecer a economia local por meio da formação de cooperativas, apoio técnico e financeiro a pequenos produtores e programas de capacitação voltados à agricultura

sustentável. A educação ambiental e a formação profissional devem integrar as políticas de desenvolvimento, estimulando o protagonismo das comunidades e sua participação nos processos decisórios. Do mesmo modo, a responsabilidade social corporativa precisa ser consolidada como prática contínua das empresas do setor, mediante investimentos em infraestrutura básica, saúde, educação e saneamento, fortalecendo o vínculo entre a atividade produtiva e o bem-estar das populações locais.

Como contribuição teórica, este estudo reforça a relevância de uma abordagem interdisciplinar entre Geografia, Direito Ambiental e Ciências Sociais para compreender os processos de transformação territorial induzidos pela expansão agroindustrial. Do ponto de vista prático, os resultados oferecem subsídios para a formulação de políticas públicas voltadas à regulação ambiental do setor sucroenergético, bem como para o aprimoramento das práticas empresariais de responsabilidade socioambiental.

Em síntese, constatou-se que os impactos socioambientais da produção de cana-de-açúcar em Serra dos Aimorés não decorrem apenas do modelo agrícola intensivo, mas também das limitações estruturais de governança e da insuficiente aplicação do Direito Ambiental. A mitigação desses impactos exige uma abordagem integrada que combine planejamento territorial, fortalecimento institucional, participação social e inovação tecnológica.

Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise da relação entre governança ambiental e impactos sobre a saúde das populações expostas ao cultivo intensivo de cana, bem como avaliem, em longo prazo, a efetividade das políticas ambientais implementadas. Estudos que integrem métodos qualitativos e geotecnologias poderão contribuir de forma significativa para o monitoramento contínuo dos impactos e para o aperfeiçoamento das estratégias de sustentabilidade no contexto rural brasileiro. A construção de um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e participativo depende do compromisso conjunto de governos, empresas e sociedade civil, consolidando um futuro sustentável para o município de Serra dos Aimorés e para o setor sucroenergético nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. R.; OLIVEIRA, A. G.; REIS NETO, J. F. Comércio de água virtual no setor sucroenergético do Paraná: análise das políticas públicas e gestão dos recursos hídricos. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 24, n. 71, p. 166-195, 2025. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/download/8190/1595>. Acesso em: set. 2025.

ALMEIDA, R. S. **Impactos ambientais da queima da palha da cana-de-açúcar no contexto do desenvolvimento sustentável**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2017.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**. Brasília: ANA, 2019.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH): diagnóstico hídrico municipal – Serra dos Aimorés (MG)**. Brasília: ANA, 2022.

AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Documentos, 202). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/690179/1/doc02faunapatria>. Acesso em: 18 jan. 2026.

ARBEX, M. A. *et al.* Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, p. 158-175, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/VNXXmdyPSjxJDCStkYrZSZz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: out. 2025.

AZEVEDO, M. C. *et al.* Produtividade de genótipos de cana-de-açúcar em resposta à aplicação de calcário em microclima do semiárido brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e34710716784, 2021.

BENEVIDES-GUIMARÃES, R. M. A.; MOREIRA, E. S. S.; SOUSA, A. L. Territórios integrados por grandes projetos de investimentos: reflexões a partir do sudeste e do norte do Brasil. **Ciências Sociais em Revista**, v. 58, n. 2, p. 156-168, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/csr/article/download/16670/11850>. Acesso em: out. 2025.

BEZERRA, F. N. Análise dos fundamentos norteadores do direito ambiental em contraste aos altos índices de uso de agrotóxicos no cenário agrobRASILEIRO. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça**, v. 11, n. 18, p. 36-62, 2024. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/RJDSJ/article/download/8635/6142>. Acesso em: nov. 2025.

BOTELHO, I. G. S. O. **Crescimento e produtividade de variedades de cana-de-açúcar em brejo de altitude no estado da Paraíba.** 2019.

BRASIL. **Lei nº 14.944, de 31 de julho de 2024.** Institui a Política Nacional de Manejo Integrado do Fogo e dispõe sobre diretrizes para a prevenção, o controle e o uso sustentável do fogo no território nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 1º ago. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14944.htm. Acesso em: set. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático.** Brasília, 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola?>. Acesso em: 27 jan. 2026.

CAVALCANTI, M. G. S.; CAVALCANTI, L. A. P. Uso de materiais lignocelulósicos na redução do índice de acidez do óleo residual para produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 767-772, 2019.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2021/22.** Brasília, fev. 2022. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: dez. 2025.

COSTA, L. M. **Agrotóxicos e qualidade da água em áreas de cultivo de cana-de-açúcar.** 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2020.

D’ALESSANDRO, V.; CAVICHIOLI, F. A importância do setor sucroalcooleiro na economia brasileira. **Revista Interface Tecnológica**, v. 21, n. 1, p. 665-680, 2024. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/1922/1066>. Acesso em: jan. 2026.

DIAS, L. M. *et al.* **Produção de celulasas e hemicelulasas por *Aspergillus fumigatus* e *A. niger* utilizando sorgo biomassa como principal fonte de carbono.** Minas Gerais: UFU, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/12345678/1972>. Acesso em: set. 2025.

DUARTE, A.; MENEZES, J. Práticas sustentáveis no cultivo de cana-de-açúcar: uma revisão sobre o uso eficiente dos recursos naturais. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 3, n. 1, p. 65-80, 2019.

EMBRAPA AGROENERGIA. **Biorrefinarias.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2011. Folder. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/908142/biorrefinarias?>. Acesso em: 6 fev. 2026.

FERREIRA, E. S. *et al.* **Materiais leves renováveis de fibras celulósicas e lignocelulósicas.** São Paulo: UNICAMP, 2020. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/teses/2020/03/04/materiais-leves-renovaveis-de-fibras-celulosicas-e-lignocelulosicas>. Acesso em: nov. 2025.

FERREIRA, J. P. **Práticas conservacionistas e sustentabilidade na produção canavieira.** 2020. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2020.

FREIRIA, R. C. Judicialização das políticas públicas ambientais: aspectos teóricos e estudo de casos paradigmáticos. **Revista Direitos Sociais e Políticas Públicas (UNIFAFIBE)**, v. 8, n. 2, p. 272-305, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=559073&tipoMidia=0>. Acesso em: dez. 2025.

GAIO, A.; ROSNER, R. F.; FERREIRA, V. M. O licenciamento ambiental como instrumento da política climática. **Revista Direito e Práxis**, v. 14, n. 1, p. 594-620, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdp/a/vwftczDQHZ8tgzNJGWGGXXw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: jan. 2026.

GOLDEMBERG, J. *et al.* **Bioenergia no Brasil: desafios e oportunidades**. São Paulo: Edusp, 2014.

GUIMARÃES, V. M. B. Agroecologia como paradigma para a construção do Direito em áreas com predomínio do agronegócio. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/download/2775/3591>. Acesso em: set. 2025.

IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Rio Mucuri (UPGRH MU1)**. Belo Horizonte: IGAM, 2021.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LUIZ, G. A. **Impactos ambientais associados ao cultivo da cana-de-açúcar e à conservação de nascentes**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente). Universidade de Araraquara, 2023.

MILARÉ, É. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco**. 11. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2018.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 133, de 15 de abril de 2009**. Estabelece normas para a prática da queima da cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais e dispõe sobre a substituição gradativa do uso do fogo no processo de colheita. Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 16 abr. 2009. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=12096>. Acesso em: out. 2025.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 39.792, de 5 de agosto de 1998**. Regulamenta dispositivos da legislação florestal do estado de Minas Gerais e dispõe sobre a utilização do fogo, a queima controlada e suas restrições. Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 6 ago. 1998. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?num=39792&ano=1998>. Acesso em: jan. 2026.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Instituto Estadual de Florestas. **Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 2.988, de 24 de julho de 2020**. Dispõe sobre normas e procedimentos para a queima controlada no estado de Minas Gerais e estabelece vedações e condicionantes técnicas. Diário do Executivo, Belo Horizonte,

MG, 25 jul. 2020. Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=52473>. Acesso em: nov. 2025.

OLIVEIRA, M. R. *et al.* Os impactos ambientais do setor sucroenergético e o uso de indicadores de sustentabilidade. **RDE – Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 52, 2023. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/viewFile/7910/4833>. Acesso em: out. 2025.

PEREIRA, A. C. **Uso de insumos agrícolas e impactos sobre recursos hídricos em regiões canavieiras**. 2019. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2019.

PEREIRA, M. B. *et al.* **Imobilização de biocatalisadores para hidrólise enzimática de materiais lignocelulósicos**. Goiás: UFG, 2019. Disponível em:
<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/93/5/Dissertação - Mariana Bisinotto Pereira - 2019.pdf>. Acesso em: nov. 2025.

PESSOA, G. G. F. A. *et al.* **Dinâmica temporal da produção de cana-de-açúcar em um município do Brejo Paraibano, Brasil (1995–2019)**. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 11, 2021.

PIEROT, R. M.; BRITO, C. R.; GODOY, S. M. Sustentabilidade ambiental contemporânea: responsabilidades legais sobre os incêndios em áreas agropastoris. **ARACÊ**, v. 7, n. 4, p. 17072-17092, 2025. Disponível em:
<https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/download/4329/5788>. Acesso em: jan. 2026.

PRAXEDES, N. S.; GUIMARÃES, C. C. A influência da microbiota do solo na produtividade e sustentabilidade de culturas energéticas. **Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. e17119, 2025. Disponível em:
<http://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/download/435/391>. Acesso em: dez. 2025.

RADETZKI, M.; WÅRELL, L. **A Handbook of Primary Commodities in the Global Economy**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. Disponível em:
https://books.google.com/books/about/A_Handbook_of_Primary_Commodities_in_the.html?. Acesso em: 14 fev. 2026.

RAMOS, L. P. *et al.* Perspectivas à implementação de projetos de biorrefinaria baseadas no uso de materiais lignocelulósicos. **Panorama da Indústria de Celulose, Papel e Materiais Lignocelulósicos**, 2016. Disponível em:
https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap06_Projetos+Biorrefinarias.pdf. Acesso em: set. 2025.

RIGOTTO, R. M.; SANTOS, V. P.; COSTA, A. M. Territórios tradicionais de vida e as zonas de sacrifício do agronegócio no Cerrado. **Saúde em Debate**, v. 46, n. spe2, p. 13-27, 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/pSMpZgsPrF7MQcH7CGwZ54h/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: out. 2025.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SANTOS, J. M. dos. Relação clima-solo na análise integrada de paisagens. In: STEINKE, V. A.; SILVA, C. A. da; FIALHO, E. S. (org.). **Geografia da paisagem: múltiplas abordagens**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2022. cap. 4. Disponível em: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/375?>. Acesso em: 22 fev. 2026.

SILVA, E. S. **Calagem em genótipos de cana-de-açúcar na primeira soca**. 2019.

SILVA, G. M. L. **Adubação potássica sob diferentes densidades de plantio na cana-de-açúcar**. 2020.

SILVA, I. D. N. **Resposta da cana-de-açúcar ao uso de bioestimulante sob diferentes densidades de plantio**. 2018.

SILVA, M. C. **Tecnologias e inovação no manejo de cana-de-açúcar: uma análise das práticas de sustentabilidade**. In: CONGRESSO NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 10., 2020. Anais [...]. São Paulo: CNA, 2020.

SILVA, T. R. **Expansão da cana-de-açúcar e impactos socioambientais em territórios rurais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2018.

SILVA, W. K. M.; ABRAHÃO, R.; JÚNIOR, L. M. C. Dinâmica e expansão da cana-de-açúcar e outras culturas agrícolas na Paraíba: impactos dos gases de efeito estufa. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 52, n. 2, p. 155-174, 2021.

SOUZA, M. E. **Desenvolvimento territorial, recursos naturais e vulnerabilidades socioambientais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) – Universidade de Araraquara, Araraquara, 2021.

TAKO, Y.; KAMEO, R. **O papel da inovação tecnológica na sustentabilidade da agricultura**. São Paulo: EdUSP, 2023.

VEIGA, J. E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA COM TRABALHADORES DA COLHEITA DA CANA-DE-AÇÚCAR – SERRA DOS AIMORÉS

Este apêndice visa aprofundar a análise qualitativa acerca das condições de trabalho dos cortadores de cana, cuja contribuição é indispensável para a dinâmica produtiva do setor sucroenergético na região. A aplicação ocorrerá por meio de entrevistas semiestruturadas, de modo a favorecer a construção de narrativas abertas e a manifestação espontânea das percepções e experiências dos participantes.

1. Idade: _____
2. Sexo: Masculino Feminino Outro
3. Grau de instrução:
 Ensino fundamental incompleto
 Ensino fundamental completo
 Ensino médio / curso técnico
 Ensino superior
4. Localidade de procedência (cidade/estado): _____
5. Considera o trabalho como extenuante?
 Sim Não Justifique: _____
6. Recebe energético ou bebidas isotônicas da empresa?
 Sim Não Quais? _____
7. Recebe protetor solar da empresa?
 Sim Não
8. Possui registro formal em carteira de trabalho?
 Sim Não
9. Qual a média de horas diárias da jornada de trabalho?
_____ horas por dia
10. Como é feita a alimentação no campo?
 O próprio trabalhador leva
 A empresa fornece marmitas
 Outros: _____
11. Existem sanitários na área de corte da cana?
 Sim Não
12. Há alojamento em boas condições?

- Sim Não Quem fornece? Empresa Contratantes
13. Já sofreu acidente de trabalho ou no transporte?
 Sim Não Se sim, descreva brevemente: _____
14. Recebe Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e ferramentas da empresa?
 Sim Não Quais? _____
15. É a primeira vez que trabalha nesta região?
 Sim Não
16. Pretende retornar em futuras safras?
 Sim Não Por quê? _____
17. Qual o principal motivo da vinda para este trabalho?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO NAS ENTREVISTAS COM PRODUTORES LOCAIS

O questionário foi empregado nas entrevistas realizadas com produtores de cana-de-açúcar da região de Serra dos Aimorés, tendo como finalidade examinar as práticas de manejo predominantes, identificar os desafios técnicos e socioeconômicos que permeiam a atividade e compreender as percepções dos produtores acerca das dimensões ambientais e de sustentabilidade no contexto do setor sucroenergético.

1. Quais práticas de manejo sustentável o(a) senhor(a) utiliza atualmente?
 - Rotação de culturas
 - Uso de fertilizantes orgânicos
 - Irrigação eficiente
 - Controle biológico de pragas
 - Outras: _____
2. Quais são os principais desafios enfrentados na adoção de práticas sustentáveis?
3. O(a) senhor(a) considera que a legislação ambiental é suficiente para promover a sustentabilidade no setor? Por quê?
4. Como o cultivo de cana-de-açúcar impacta a comunidade local, na sua opinião?
5. Quais incentivos seriam necessários para que o(a) senhor(a) adotasse mais práticas sustentáveis?
6. Quais eram os principais cultivos tradicionais em sua propriedade antes da introdução da monocultura de cana-de-açúcar?
7. O que motivou a decisão de arrendar suas terras para o cultivo de cana-de-açúcar?
 - () Benefícios financeiros
 - () Falta de alternativas viáveis
 - () Pressões de mercado ou governamentais
 - () Outros: _____
8. Houve alguma dificuldade em manter os cultivos tradicionais diante da expansão da cana? Quais foram essas dificuldades?
9. Como avalia o impacto econômico da transição ou do arrendamento de terras para a monocultura de cana-de-açúcar?
 - () Melhorou sua renda?

- () Tornou-se mais dependente de contratos com as usinas?
10. Você recebeu algum incentivo financeiro ou técnico para aderir à monocultura de cana?
 11. Como a transição impactou a disponibilidade de alimentos locais e sua relação com outros produtores?
 12. Se pudesse, retomaria o cultivo tradicional? O que seria necessário para isso?

13.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA FEIRANTES DE SERRA DOS AIMORÉS

O questionário foi elaborado com o propósito de identificar os impactos da monocultura de cana-de-açúcar sobre as atividades comerciais, a oferta de produtos locais, os custos e as mudanças nos padrões de consumo. Além disso, buscou-se apreender as experiências e percepções dos feirantes, de modo a subsidiar a análise dos efeitos socioeconômicos e ambientais decorrentes desse modelo produtivo em Serra dos Aimorés.

Disponibilidade de Produtos Locais

1. Você percebeu uma diminuição na variedade de produtos hortifrúti disponíveis na região devido à expansão da monocultura de cana-de-açúcar? Explique.
2. Algum produto que antes era comum na feira deixou de ser ofertado? Se sim, qual?
3. Existe dificuldade em obter determinados produtos cultivados localmente? Quais são os principais motivos, na sua opinião?

Impactos nos Custos

1. Os preços dos produtos comercializados na feira aumentaram nos últimos anos? Se sim, acredita que a monocultura de cana-de-açúcar influenciou esse aumento?
2. Há mudanças nos custos de transporte ou aquisição de produtos provenientes de outras regiões? Quais são os impactos para o seu negócio?

Atividades Comerciais

1. Como a expansão da monocultura de cana-de-açúcar afetou suas vendas? Houve redução na clientela ou mudança no perfil dos consumidores?
2. A substituição de áreas antes usadas para cultivos diversificados impactou diretamente a oferta de produtos que você vende? Explique.

Percepção de Mudanças no Padrão de Consumo

1. Os consumidores têm solicitado produtos que não são mais encontrados facilmente? Quais são esses produtos?
2. Você percebe mudanças no padrão de consumo dos clientes devido à menor oferta de produtos diversificados? Quais são essas mudanças?

Impactos Ambientais e Comunitários

1. A monocultura de cana-de-açúcar alterou a qualidade ou disponibilidade de água utilizada nas comunidades locais? Como isso impacta sua atividade comercial?
2. Há relatos ou percepções sobre o aumento de problemas ambientais, como queimadas ou poluição, que afetam sua rotina de trabalho? Detalhe.

Soluções e Reivindicações

1. Quais medidas poderiam ser adotadas para mitigar os impactos da monocultura de cana-de-açúcar na feira e nas atividades agrícolas locais?
2. Você acredita que políticas públicas poderiam ajudar a equilibrar a produção de cana-de-açúcar com o cultivo de alimentos diversificados? Quais seriam essas políticas?

APÊNDICE D– USINEIROS E DONOS DE USINAS: BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E DESAFIOS NO SETOR SUCROENERGÉTICO

Este apêndice teve por finalidade analisar as dimensões econômicas do setor sucroenergético, buscando identificar as vantagens competitivas, as limitações estruturais e os principais desafios enfrentados pelos agentes diretamente envolvidos em sua gestão e operação.

1. Quais são os principais benefícios econômicos gerados pela produção de cana-de-açúcar para sua empresa e para a região?
2. Como avalia o suporte governamental ao setor sucroenergético, como subsídios ou políticas públicas?
3. Quais são os principais desafios enfrentados pela sua usina atualmente?
 - () Custos operacionais
 - () Regulamentações ambientais
 - () Disponibilidade de mão de obra
 - () Outros: _____
4. A queima de cana ainda faz parte do processo produtivo de sua usina? Quais são as justificativas para sua utilização ou abandono?
5. Existe investimento em práticas sustentáveis ou tecnologias limpas na sua operação? Quais são elas?
6. Quais políticas públicas ou incentivos poderiam ajudar a reduzir os impactos socioambientais do setor?
7. Como as demandas por sustentabilidade afetam o planejamento e a competitividade do setor sucroenergético?

8.

APÊNDICE E – COMUNIDADE LOCAL: IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

Este apêndice teve por objetivo examinar as percepções da população local acerca dos impactos socioambientais decorrentes da monocultura de cana-de-açúcar, com ênfase em sua influência sobre as condições de vida e o bem-estar comunitário.

1. Quais são os principais impactos ambientais observados na sua comunidade relacionados à monocultura de cana-de-açúcar?
 - () Fumaça da queima de cana
 - () Escassez de água
 - () Poluição do solo ou da água
 - () Outros: _____
2. A fumaça das queimadas tem afetado sua saúde ou a de outros moradores? Se sim, quais são os problemas mais frequentes?
3. Você notou mudanças na qualidade ou disponibilidade da água desde o início do cultivo intensivo de cana na região?
4. Como a expansão da monocultura afetou a economia local e a oferta de empregos na comunidade?
5. A presença das usinas trouxe algum benefício para a comunidade, como melhorias em infraestrutura ou projetos sociais?
6. Você se sente envolvido ou ouvido nos processos de decisão que afetam o meio ambiente ou a qualidade de vida local?
7. Quais mudanças ou medidas você acredita que poderiam melhorar a convivência entre a monocultura e a comunidade local?