



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM ECOSISTEMAS FRÁGEIS

Giovanni Zanetti Gonçalves¹; Isaac Lucarelli Elias²

¹Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP, giovannizan5@usp.br

² Escola Politécnica da USP, isaac.lelias@usp.br

RESUMO

O cultivo da cana-de-açúcar, central na oferta energética brasileira, tem avançado sobre ecossistemas frágeis como a Mata Atlântica e a Caatinga. Este trabalho analisa os efeitos dessa expansão, destacando problemas como degradação do solo, contaminação hídrica, perda de biodiversidade e poluição atmosférica. A aplicação de vinhaça como fertilizante, a compactação do solo por máquinas pesadas e o uso de queimadas são práticas que agravam os danos ecológicos e afetam diretamente comunidades locais. Além disso, as populações vizinhas aos canaviais enfrentam riscos à saúde devido à emissão de poluentes tóxicos. A pesquisa aponta para a necessidade de políticas públicas eficazes e práticas de manejo sustentável que conciliem produção energética, conservação ambiental e justiça social.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, Ecossistemas frágeis, Uso do solo

Destaques (highlights)

- Delineamento dos impactos do cultivo de cana-de-açúcar em ecossistemas frágeis.
- Expansão da cana afeta ecossistemas frágeis, como Mata Atlântica e Caatinga

Apoio:



Realização:



anppas
Associação Nacional de Pós-graduação
e Pesquisa em Ambiente e Sociedade



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:



CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas agrícolas mais relevantes no cenário mundial, sendo cultivada em mais de 70 países e destacando-se por sua alta produtividade, ampla aplicação industrial e importância estratégica na matriz energética renovável. Para a safra de 2025/26, é estimado pela Companhia Nacional de Abastecimento que o Brasil produza 663,4 milhões de toneladas, numa produtividade média de 75 toneladas por hectare plantado nos 8,79 milhões de hectares cultivados. A região sudeste é a que apresenta maior área dedicada ao cultivo de cana-de-açúcar, com 5,417 milhões de hectares plantados, seguida pela região Centro-Oeste, com 1,913 milhões de hectares. Ambas as regiões empatam na liderança em produtividade por hectare, superando a média nacional com um rendimento de 77,6 toneladas por hectare. No que diz respeito ao crescimento da área dedicada ao cultivo, a região Centro-Oeste apresentou a maior expansão da área utilizada para essa cultura, numa variação de 3.4% que o ano anterior, seguida pela região Norte, que apresentou um crescimento de 2.9%. (CONAB, 2025)

Seu cultivo é estruturado em três grandes etapas: pré-produção, produção e pós-produção. A fase de pré-produção envolve o planejamento da safra, a escolha de variedades, a análise das condições do solo e clima e a preparação adequada da terra, que normalmente inclui correção com calcário e adubação de base. Já na etapa de produção, são realizados o plantio por meio de toletes (mudas), os tratamentos culturais como adubação de cobertura, irrigação, pulverização e controle de pragas, além da colheita – que pode ser manual ou mecanizada, com ou sem uso de queima da palha. A colheita ocorre geralmente entre abril e novembro, dependendo da região. O clima ideal para a cana-de-açúcar é o tropical úmido, com temperaturas médias entre 24 °C e 30 °C e precipitação anual entre 1.200 e 1.500 mm.

A fase pós-produção acontece nas usinas, onde a cana é processada em açúcar ou etanol. No caso do açúcar, o caldo extraído passa por lavagem, clarificação, evaporação e cristalização. Para o etanol, ocorre a fermentação do caldo, seguida de destilação e desidratação para a produção de álcool hidratado ou anidro. Além desses dois principais produtos, a indústria da cana-de-açúcar é conhecida por aproveitar quase todos os seus resíduos e subprodutos. O bagaço, por exemplo, é usado como combustível em caldeiras e também na cogeração de

2

Apoio:



Realização:



anppas
Associação Nacional de Pós-Graduação
e Pesquisa em Ambiente e Sociedade



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:



CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

energia, enquanto a torta de filtro (resíduo da clarificação) é utilizada como fertilizante rico em fósforo. O melaço, obtido na produção de açúcar, serve como matéria-prima para rações e bebidas alcoólicas, e a vinhaça, subproduto da destilação, é usada como adubo líquido. Há ainda a produção de óleo fúsel e de levedura seca, utilizada na nutrição animal e em processos industriais.

Etapas da Cadeia Produtiva

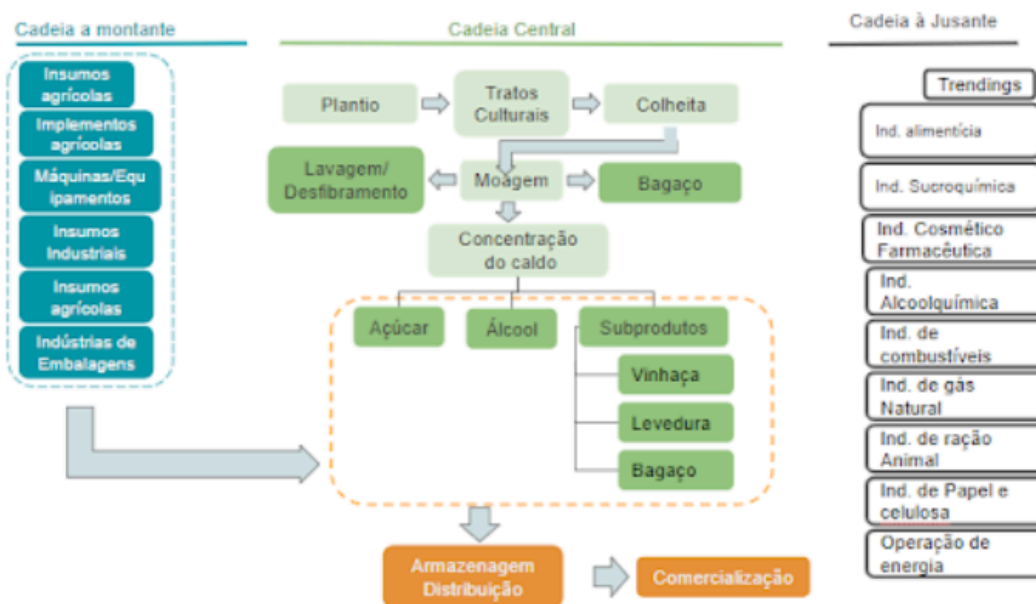


Figura 1: Oliveira, 2017 (adaptado)

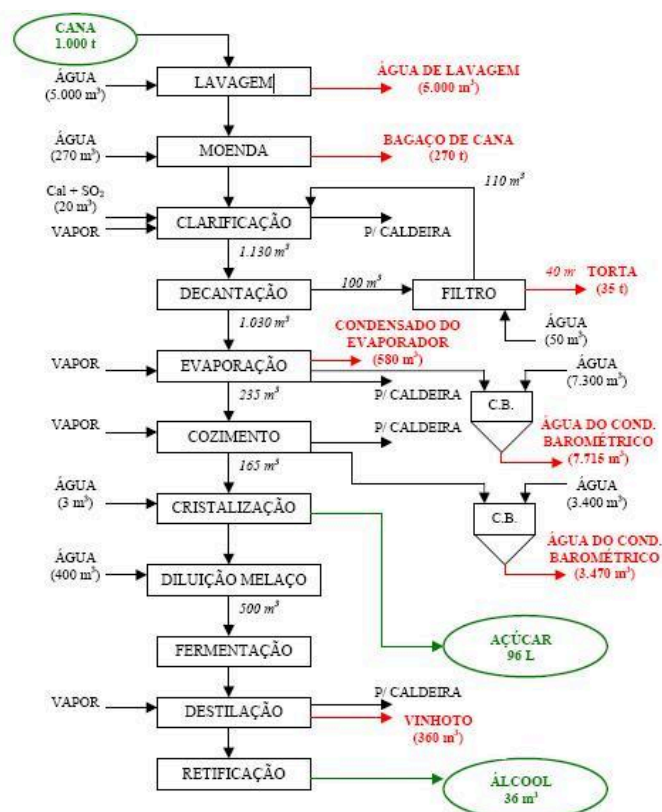


Figura 2: (Freitas Vian, 2022)

O setor canavieiro é de grande importância para a economia brasileira. O Brasil é o maior produtor mundial de cana e açúcar, além de ocupar a segunda posição como maior exportador de etanol. Esse protagonismo é resultado de políticas públicas que impulsionaram a cultura, como o Proálcool, lançado em 1975, e o Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional, de 1965. Em 2009, o país chegou a cultivar 7,8 milhões de hectares com cana-de-açúcar, representando um crescimento de quase 980% em comparação a 1950. A modernização do setor, aliada ao aproveitamento dos subprodutos, também permitiu que muitas usinas se tornassem autossuficientes em energia, inclusive fornecendo eletricidade para o sistema nacional.

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos e ganhos econômicos, o cultivo intensivo da cana-de-açúcar provoca impactos ambientais significativos. A substituição de ecossistemas nativos por monoculturas afeta a biodiversidade, promove o desmatamento e causa



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

fragmentação de habitats. Os agrotóxicos e fertilizantes utilizados frequentemente contaminam o solo, os lençóis freáticos e os cursos d'água, além de provocarem eutrofização de rios e lagos. A prática da queima da palha, embora reduzida, ainda ocorre em algumas regiões, gerando emissão de gases tóxicos e partículas que prejudicam a saúde das populações vizinhas, causando doenças respiratórias e agravando a poluição atmosférica. Além disso, a repetição de ciclos de plantio em larga escala compromete a estrutura do solo, aumentando a erosão, a compactação e a perda de nutrientes, o que leva à necessidade constante de incorporação de novas áreas, agravando a expansão da fronteira agrícola.

Diante desses desafios, torna-se essencial adotar estratégias que conciliem produtividade com sustentabilidade ambiental. Entre essas estratégias estão o zoneamento agroecológico, o incentivo à colheita mecanizada sem queima, o uso racional da água e dos insumos químicos, além da diversificação produtiva por meio da rotação de culturas. Somente com um manejo adequado, políticas públicas eficazes e fiscalização ambiental será possível garantir que a cana-de-açúcar continue a ser uma cultura de futuro, sem comprometer os recursos naturais e o bem-estar das populações envolvidas em sua cadeia produtiva.

Mercado brasileiro

O Brasil é historicamente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e de açúcar, além de ser o segundo maior produtor e exportador global de etanol (INPUT, 2016). A importância da cultura no território brasileiro vai além do seu peso na economia: ela exerce influência direta sobre a matriz energética, o mercado de trabalho rural, o uso do solo e os padrões de ocupação territorial. Em 2009, a área colhida com cana-de-açúcar no país alcançou 7,8 milhões de hectares, o que representou um crescimento de 979,05% em relação a 1950, quando a área era de 796.687 hectares (CONAB, 2022; VIEIRA, 2021).

A expressiva expansão da cultura está diretamente relacionada a políticas públicas de fomento que marcaram diferentes períodos da história agrícola do país. Dentre elas, destacam-se o Plano de Expansão da Indústria Açucareira Nacional (1965), o Planalsucar (1971) e, sobretudo, o Programa Nacional do Álcool – Proálcool, instituído em 1975, que estimulou fortemente a produção de etanol como resposta à crise do petróleo (ANDRADE, 2001;

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





VIEIRA, 2021). O Proálcool é também associado ao avanço do desmatamento, especialmente nos tabuleiros litorâneos da Mata Atlântica nordestina, incorporando áreas antes consideradas impróprias ao cultivo e forçando a substituição de florestas por canaviais mecanizados (CEPAN apud VIEIRA, 2021).

Entre 1950 e 1989, a área plantada com cana no país cresceu mais de 511%, reflexo não apenas da ampliação da demanda por açúcar e álcool, mas também da modernização tecnológica e do aumento da produtividade média. A produtividade nacional passou de 40,9 toneladas por hectare em 1970 para 62,0 t/ha em 1989 (VIEIRA, 2021). No mesmo período, a produção de etanol cresceu 1.899,7%, impulsionada pelos investimentos federais e pela adoção de veículos movidos a álcool (CONAB, 2022).

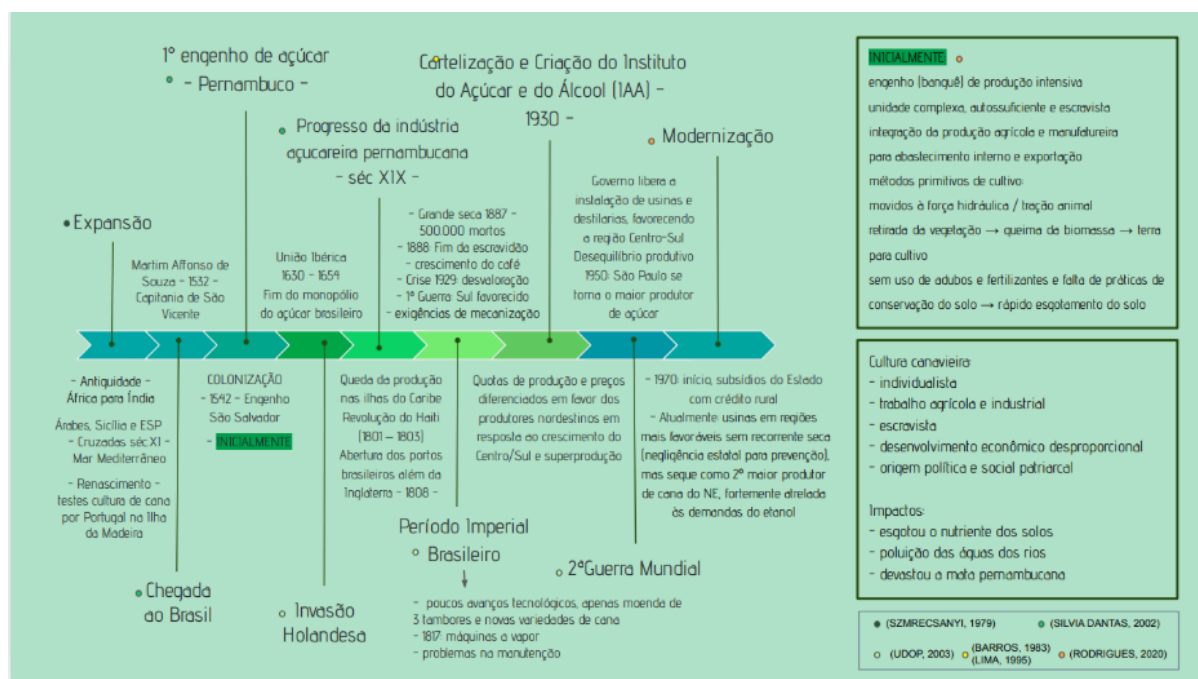


Figura 3: Autoral, 2025

Esse crescimento, porém, não se deu de forma homogênea no território nacional. A maior expansão ocorreu na Região Centro-Sul, que, na safra 2003/2004, concentrava 79% da área cultivada com cana no país (CONAB, 2004). A região se beneficiou de condições favoráveis como relevo plano, solo fértil, infraestrutura logística e políticas de crédito. Já no Nordeste,



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

apesar de sua importância histórica, o crescimento foi mais contido devido às limitações geográficas, menor mecanização e vulnerabilidades climáticas, como secas prolongadas (ANDRADE, 2001).

Durante o auge do Proálcool, a incorporação dos tabuleiros costeiros às lavouras permitiu ganhos expressivos de escala em regiões como Alagoas, enquanto estados como Pernambuco encontraram dificuldades maiores devido à escassez de áreas planas adequadas à mecanização (VIEIRA, 2021). Mesmo assim, o avanço foi considerável: Pernambuco aumentou sua área cultivada em mais de 322,7% entre 1950 e 1989, embora sua participação relativa no total nacional tenha caído de 17,3% para 10,9% nesse intervalo (VIEIRA, 2021).

A partir da década de 2000, com o avanço da tecnologia de etanol de segunda geração e a crescente demanda externa por biocombustíveis, o setor se modernizou ainda mais. A introdução de veículos “flex” e as políticas de incentivo à energia limpa favoreceram a competitividade do etanol brasileiro no mercado internacional. O zoneamento agroecológico da cana, estabelecido como uma medida de regulação ambiental, passou a determinar onde a cultura poderia se expandir sem afetar áreas sensíveis como o Pantanal e a Amazônia Legal (CONAB, 2022).

Embora o setor sucroenergético seja uma das engrenagens do agronegócio brasileiro, seu modelo de expansão baseado na monocultura intensiva e no uso de grandes extensões de terra continua levantando questões socioambientais. O desmatamento, a substituição de ecossistemas nativos, a degradação do solo, a pressão sobre recursos hídricos e os conflitos fundiários são temas recorrentes nas regiões de expansão recente da lavoura. Nesse contexto, cresce a demanda por políticas que conciliem a produção com a preservação dos recursos naturais e a valorização das populações tradicionais e da agricultura familiar.

A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil é, portanto, marcada por um duplo movimento: por um lado, consolidou-se como um setor economicamente poderoso, fortemente capitalizado e voltado à exportação e à produção energética; por outro, manteve resquícios de um modelo de desenvolvimento concentrador, que impõe grandes desafios à sustentabilidade ambiental e à justiça social.

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

METODOLOGIA

Ecossistemas frágeis

Os ecossistemas frágeis são definidos como sistemas naturais que apresentam baixa resiliência, ou seja, uma capacidade limitada de se recuperar após perturbações, sejam elas de origem natural ou antrópica. Essa fragilidade faz com que impactos relativamente pequenos – como o desmatamento, a poluição ou a introdução de espécies exóticas – possam desencadear alterações significativas e, muitas vezes, irreversíveis em sua estrutura ecológica e funcionamento.

A susceptibilidade desses ambientes está fortemente ligada a características naturais específicas, como clima extremo, solos pobres e limitação de recursos naturais essenciais, como água e nutrientes. Outro fator agravante é a alta densidade populacional, tanto humana quanto de espécies, que impõe uma pressão contínua sobre o território e os recursos disponíveis. Além disso, a perda de biodiversidade compromete a estabilidade dos processos ecológicos, tornando o sistema ainda mais vulnerável. A diversidade biológica é essencial para funções como a ciclagem de nutrientes, polinização, controle biológico e regulação hídrica; sua redução enfraquece a capacidade do ecossistema de se autorregular diante de distúrbios (GOMES, et al. 2013).

No contexto brasileiro, alguns biomas se destacam por sua fragilidade ambiental, especialmente frente ao avanço de atividades econômicas intensivas, como o agronegócio. Entre os principais biomas considerados frágeis estão:

- **Mata Atlântica:** altamente fragmentada, com perda de mais de 80% de sua vegetação original, abriga grande diversidade de espécies endêmicas e está sob forte pressão urbana e agrícola;
- **Cerrado:** considerado um hotspot global de biodiversidade, sofre com a expansão da fronteira agrícola e a degradação de suas áreas de recarga hídrica;



- **Pantanal:** a maior planície alagável do mundo, é extremamente sensível a alterações no regime hidrológico e ao uso inadequado do solo;
- **Amazônia** (em algumas regiões): especialmente nas áreas de borda e transição, onde a fragmentação e o desmatamento aumentam o risco de degradação irreversível.

Além desses biomas, há outros ecossistemas específicos igualmente frágeis e que requerem atenção especial, como:

- Topos de morros, encostas e escarpas de serras, sujeitos à erosão e deslizamentos;
- Cursos d'água, incluindo nascentes, margens de rios, lagos e planícies inundáveis, essenciais para a regulação hídrica e habitats aquáticos;
- Manguezais, berçários de espécies marinhas e barreiras naturais contra a erosão costeira;
- Restingas, com solos arenosos e pobres, extremamente vulneráveis à urbanização e à salinização.



Figura 4: Biomas Brasileiros: IBGE, 2014



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

A identificação e proteção desses ambientes é essencial para o planejamento ambiental sustentável, o cumprimento da legislação ambiental e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Políticas públicas, manejo adequado e o uso racional dos recursos naturais são fundamentais para preservar os serviços ecossistêmicos que esses sistemas oferecem às populações humanas e à biodiversidade em geral.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Impactos Ambientais da produção de cana-de-açúcar

A produção de cana-de-açúcar em larga escala, especialmente em ecossistemas frágeis, intensifica processos de degradação ambiental, como a perda da qualidade da água, do solo e do ar. Esses impactos ocorrem de maneira mais severa em áreas que já apresentam baixa resiliência ecológica, como nascentes, encostas, manguezais e biomas como a Caatinga e a Mata Atlântica (GOMES et al., 2013; VIEIRA, 2021). A seguir, são detalhados os principais efeitos ambientais do cultivo em quatro frentes: recursos hídricos, solo, uso do fogo e poluição atmosférica.

5.1 Recursos Hídricos

O cultivo de cana-de-açúcar impõe uma elevada demanda sobre os recursos hídricos, tanto em termos de quantidade de água utilizada quanto na qualidade da água disponível. Regiões do semiárido nordestino, por exemplo, enfrentam um quadro de deficiência hídrica crônica, agravado pela intrusão salina e pela redução da vazão dos cursos d'água, como apontam estudos sobre a produtividade agrícola entre 1974 e 2004, demonstrados na figura 4 (ANDRADE, 2001; SILVA FILHO, 2017).

Entre os impactos mais preocupantes está o uso da vinhaça, subproduto líquido da destilação alcoólica. Quando aplicada diretamente ao solo como fertilizante, essa substância pode contaminar os lençóis freáticos e os corpos d'água superficiais, devido ao seu alto teor de

matéria orgânica e minerais, se não houver um controle adequado de volume e frequência de aplicação (ROLIM et al., 2013).

Produtividade dos canaviais e deficiência hídrica no Nordeste, de 1974 a 2004

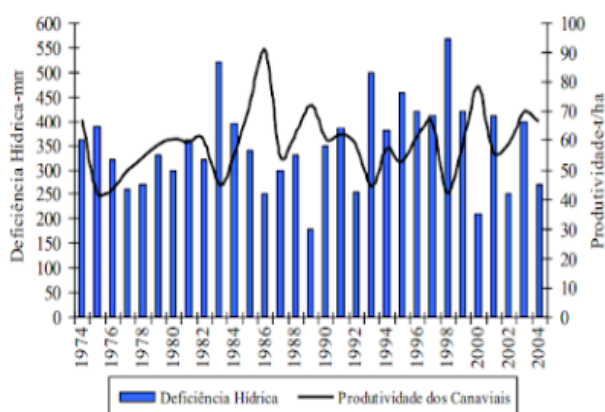


Figura 5: Autoral, 2025

Além disso, a intensificação do uso de fertilizantes e agrotóxicos promove a poluição difusa das águas, provocando processos de eutrofização e acúmulo de metais pesados em rios e lagos (PEREIRA, 2009). O represamento de rios, muitas vezes para abastecimento das usinas, altera o fluxo natural das águas, impactando diretamente a fauna aquática, provocando assoreamento, e criando condições favoráveis à proliferação de vetores de doenças, como o mosquito transmissor da dengue e da febre chikungunya.

5.2 Solo e Uso da terra

O solo é um dos elementos mais diretamente afetados pela expansão da cultura da cana-de-açúcar. Ainda que a lavoura utilize, em média, menores quantidades de inseticidas e fungicidas do que outras culturas, como o algodão e a laranja (MACEDO, 2005), os efeitos da monocultura intensiva, da remoção da cobertura vegetal e da mecanização pesada são substanciais e cumulativos. Em regiões como Pernambuco, onde extensas áreas originalmente cobertas por vegetação da Caatinga foram convertidas em canaviais, os processos de erosão, empobrecimento do solo e perda de biodiversidade local se intensificaram notavelmente (FLAHERTY et al., 2013).

Um dos principais fatores de degradação é o uso contínuo de insumos químicos, como agrotóxicos, pesticidas e fertilizantes, prática historicamente consolidada no modelo agrícola brasileiro. O uso indiscriminado dessas substâncias compromete a qualidade físico-química do solo, provocando acidificação, perda de matéria orgânica e o enfraquecimento da estrutura do solo e da cultura agrícola (SILVA, 2010). Tais efeitos são visíveis na Figura 4, que ilustra áreas de cultivo afetadas por esses processos.

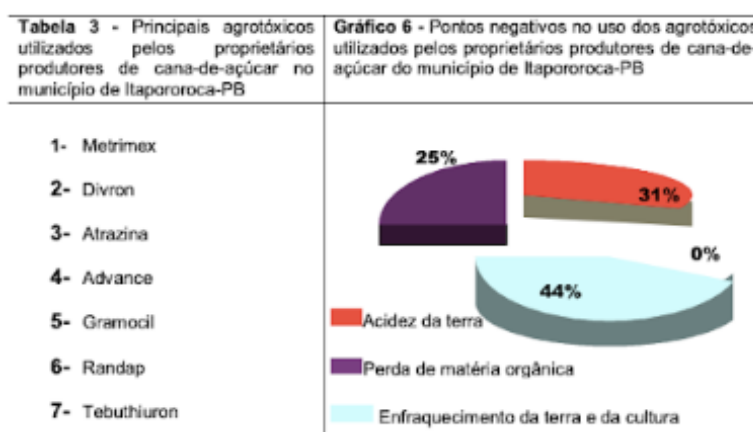


Figura 6: SILVA, J., 2010.

Outro impacto relevante é a compactação do solo, causada pelo uso sistemático de máquinas agrícolas pesadas. Esse processo reduz a infiltração da água, dificulta o desenvolvimento radicular das plantas e compromete a atividade biológica subterrânea, tornando o solo menos fértil e mais suscetível à erosão. Quando esse tipo de manejo ocorre sem práticas de conservação, como a rotação de culturas ou o uso de cobertura vegetal, a capacidade produtiva do solo se deteriora ao longo do tempo, sobretudo em ambientes semiáridos, onde o equilíbrio ecológico já é delicado.

Além da compactação, problemas como o enfraquecimento estrutural, a saturação por insumos e a própria erosão superficial têm sido observados em diversas regiões produtoras. A Figura 5, também de SILVA (2010), apresenta um exemplo visual desses processos.



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

Tabela 4 - Principais problemas enfrentados com o solo e a cultura da cana-de-açúcar no município de Itapororoca -PB

Cultura	%
As condições climáticas	37%
Pragas	33%
O preço	30%
Solo	
Enfraquecimento	41%
Erosão	28%
Saturação	31%

Figura 7: SILVA, J., 2010.

De acordo com dados regionais, aproximadamente 57,29% das áreas ocupadas com o cultivo da cana em determinadas regiões do Nordeste já correspondem a áreas de Caatinga degradada (GONZAGA, 2020). Esse dado revela a magnitude dos impactos ambientais sobre um dos biomas mais singulares e vulneráveis do Brasil, cuja vegetação nativa, adaptada ao clima semiárido, desempenha papel fundamental na conservação da biodiversidade, do solo e dos ciclos hidrológicos locais.

Dessa forma, os impactos sobre o solo evidenciam a incompatibilidade entre o modelo convencional de produção da cana-de-açúcar e a conservação dos ecossistemas frágeis, especialmente em regiões semiáridas. A continuidade desse modelo, sem intervenções que promovam o manejo sustentável e a recuperação de áreas degradadas, tende a agravar ainda mais os processos de desertificação e perda da capacidade produtiva agrícola.

5.3 Manejo com uso de fogo

O uso do fogo no manejo da cana-de-açúcar tem sido historicamente adotado como uma forma de facilitar a colheita, especialmente a manual, ao eliminar a palha e tornar os feixes mais acessíveis aos trabalhadores. Embora a colheita mecanizada venha se expandindo em diversas regiões, a prática da queima ainda é comum, principalmente em áreas onde a mecanização é economicamente inviável ou logisticamente difícil.

Esse tipo de manejo, apesar de reduzir custos operacionais, apresenta consequências ambientais severas. A queima da palha destrói organismos do solo, contribui para a perda de

13

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

matéria orgânica, afeta a fauna local e emite grandes volumes de gases poluentes, com impactos sobre a saúde humana e o clima (FERREIRA et al., 2008). Além disso, a fuligem resultante da queima pode se dispersar por dezenas de quilômetros, atingindo áreas urbanas e rurais vizinhas.

A legislação brasileira, como o Artigo 14 da Lei Estadual nº 11.206/1995 (PE), proíbe o uso do fogo em florestas e vegetações naturais, exceto sob autorização específica. No entanto, o controle sobre essas práticas nem sempre é efetivo, o que perpetua os danos ambientais em regiões onde a fiscalização é limitada.

“CAPÍTULO IV Art. 14. É proibido o uso de fogo ou queimadas nas florestas e demais formas de vegetação natural. § 1º Quando da necessidade de utilização do fogo como prática agrosilvopastoril, o usuário deve atender as exigências a serem estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, de acordo com as normas específicas;” (Lei nº 11.206, de 31 de março de 1995.)

5.4 Poluição atmosférica

A queima da palha da cana também é uma das principais fontes de poluição atmosférica rural. O processo libera poluentes como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado fino (MP2.5), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que têm sérias implicações para o meio ambiente e a saúde pública (RANGEL, 2014).

As consequências incluem a formação de chuvas ácidas, a intensificação do efeito estufa e a redução do ozônio troposférico, afetando tanto a qualidade do ar quanto a estabilidade climática local e regional. Populações residentes próximas às áreas de queima estão especialmente vulneráveis, apresentando taxas mais elevadas de doenças respiratórias, como asma, bronquite e rinite, além de agravamento de quadros alérgicos e cardiovasculares.

Estudos mostram que as maiores concentrações de material particulado e CO ocorrem nas imediações dos canaviais em que há queima, mas esses poluentes podem se deslocar com os

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

ventos, impactando áreas distantes e ampliando os efeitos negativos para além dos centros produtores.

Impactos nos ecossistemas tratados

A expansão da cana-de-açúcar sobre ecossistemas frágeis no Brasil tem provocado uma série de impactos ambientais de ordem estrutural, comprometendo o equilíbrio ecológico, a biodiversidade e os serviços ambientais prestados por esses sistemas. Ecossistemas frágeis são definidos como áreas com baixa resiliência ecológica, ou seja, que apresentam dificuldade de recuperação após distúrbios ambientais, sejam naturais ou antrópicos (GOMES et al., 2013). Esses ambientes geralmente possuem solos rasos, baixa fertilidade, elevada biodiversidade adaptada a condições específicas e dependência de regimes climáticos e hidrológicos estáveis.

A produção canavieira intensiva, com forte mecanização, uso de agroquímicos, consumo elevado de água e práticas de manejo como a queima da palha, potencializa os danos ambientais quando se sobrepõe a esses territórios sensíveis. No contexto do presente trabalho, foram analisados os efeitos do cultivo de cana sobre áreas como nascentes, encostas de morros, planícies fluviais, além de dois biomas de alta relevância e vulnerabilidade: a Mata Atlântica e a Caatinga.

Na Mata Atlântica, que originalmente cobria grande parte do litoral e da Zona da Mata nordestina, o avanço da cana tem sido historicamente um dos fatores centrais da sua fragmentação. A conversão de florestas em áreas agrícolas reduziu drasticamente a cobertura vegetal nativa e resultou em perda de biodiversidade, isolamento de espécies, erosão do solo e alteração dos ciclos hidrológicos. A figura 6 ilustra essa fragmentação, que compromete a conectividade entre os remanescentes florestais e prejudica o funcionamento dos processos ecológicos. Além disso, a substituição da vegetação por monoculturas afeta o microclima local, reduz a capacidade de infiltração da água e favorece a compactação e lixiviação dos solos.

Apoio:



Realização:



anppas



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:



CNPq



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

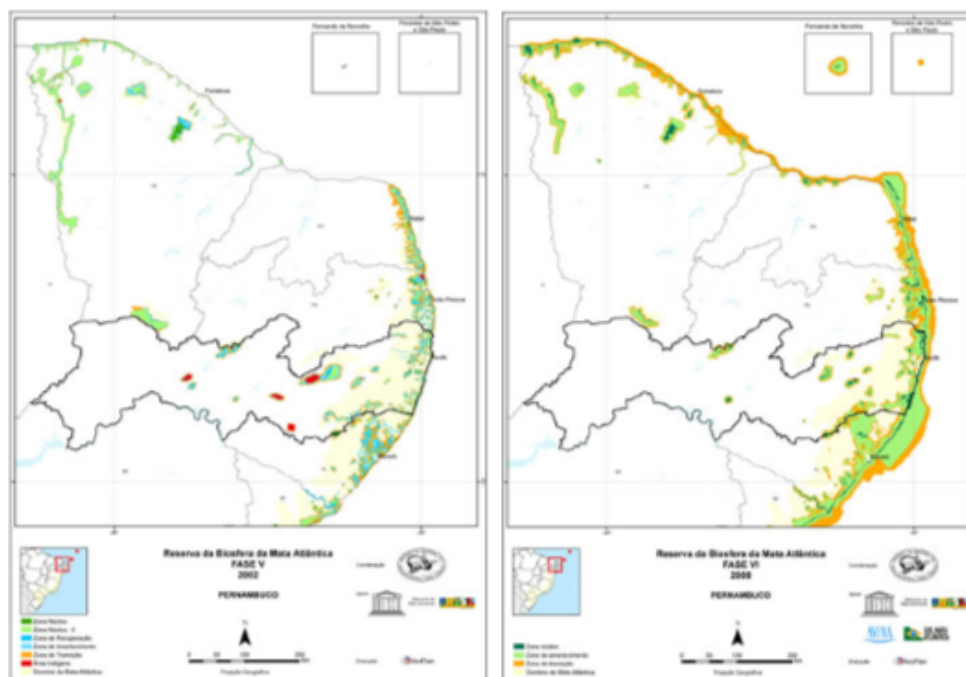


Figura 8: Reserva Biosfera Mata Atlântica, 2022

A Caatinga, por sua vez, tem sido um dos biomas mais pressionados pela expansão agropecuária no Nordeste, incluindo a produção de cana em áreas antes cobertas por vegetação nativa. Como bioma exclusivamente brasileiro, adaptado a um clima semiárido, a Caatinga possui solos frágeis e biodiversidade altamente especializada. A substituição da vegetação nativa por canaviais, com o uso intensivo de maquinário e agroquímicos, destrutura o solo, favorece processos de desertificação, e reduz drasticamente a cobertura vegetal. Segundo Vieira (2021), mais da metade da vegetação original da Caatinga já foi convertida para usos agropecuários, sendo o cultivo da cana-de-açúcar um dos principais vetores desse avanço.

Outros impactos importantes ocorrem nas áreas de nascentes e margens de cursos d'água, frequentemente ocupadas por lavouras de cana em desacordo com as diretrizes legais de proteção permanente (APPs). A retirada da vegetação ciliar nessas regiões provoca o assoreamento dos rios, a redução da infiltração hídrica e o aumento da vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos à contaminação por resíduos químicos, como a vinhaça, fertilizantes e



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

agrotóxicos (PEREIRA, 2009; ROLIM et al., 2013). Isso afeta não apenas o meio ambiente, mas também o abastecimento de água e a agricultura familiar nas redondezas.

Além dos danos ambientais diretos, os impactos do cultivo da cana-de-açúcar sobre ecossistemas frágeis geram efeitos socioeconômicos relevantes. A degradação dos recursos naturais afeta a segurança hídrica, a qualidade do solo agrícola, e, indiretamente, a saúde das populações humanas, sobretudo em função da poluição atmosférica causada pelas queimadas. Tais efeitos afetam principalmente comunidades rurais e pequenos produtores, que sofrem com a redução da disponibilidade de recursos essenciais e a instabilidade ambiental provocada pelas transformações no uso da terra.

Portanto, os impactos identificados demonstram que o modelo predominante de produção da cana-de-açúcar, quando aplicado de forma desordenada e sem critérios ecológicos, é incompatível com a conservação de ecossistemas frágeis. A continuidade desse padrão compromete a resiliência ambiental, a biodiversidade regional e o bem-estar das populações humanas que vivem nesses territórios. Isso reforça a urgência de políticas públicas voltadas ao planejamento ecológico do uso do solo, à preservação das áreas sensíveis e à transição para sistemas de produção sustentáveis, que levem em conta os limites ambientais e a diversidade dos contextos regionais.

CONCLUSÃO

A análise dos impactos ambientais associados ao cultivo da cana-de-açúcar em ecossistemas frágeis revela um quadro preocupante de degradação ambiental e desequilíbrio ecológico. Trata-se de uma atividade agrícola de larga escala, com expressiva importância econômica e energética, mas cujos efeitos sobre o meio ambiente são amplificados quando praticada em áreas de alta vulnerabilidade ecológica.

A expansão da lavoura canavieira em ecossistemas sensíveis contribui diretamente para a degradação do solo, por meio da compactação, erosão e perda de matéria orgânica; para a contaminação da água, causada pelo uso excessivo de fertilizantes, agrotóxicos e pela aplicação de subprodutos como a vinhaça; e para a redução da biodiversidade, devido ao desmatamento, à fragmentação de habitats e à simplificação dos sistemas naturais. Áreas

17

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

como manguezais, nascentes, encostas, bem como biomas já fragilizados, como a Caatinga e a Mata Atlântica, estão entre os ambientes mais impactados por essas práticas.

Esses impactos não se restringem apenas ao meio físico e biológico. Há também importantes repercussões sociais e sanitárias, uma vez que a queima da palha da cana libera substâncias tóxicas na atmosfera, contribuindo para a poluição do ar e aumentando a incidência de doenças respiratórias nas populações expostas. Além disso, a degradação ambiental pode afetar diretamente a oferta e a qualidade da água e comprometer atividades econômicas e tradicionais que dependem do equilíbrio ecológico, como a pesca artesanal e a agricultura familiar.

Diante desse panorama, torna-se evidente a necessidade de reorientar o modelo de produção da cana-de-açúcar, buscando uma relação mais harmônica entre a atividade econômica e a conservação dos ecossistemas. Para isso, é essencial que sejam adotadas políticas públicas ambientais e agrárias integradas, capazes de regular o uso da terra, proteger as áreas sensíveis, promover a recuperação de ambientes degradados e estimular o uso de tecnologias mais limpas e eficientes.

O planejamento territorial com base em critérios ecológicos, o fortalecimento da fiscalização ambiental, a valorização do conhecimento científico e tradicional e o incentivo a práticas de manejo sustentável são caminhos fundamentais para mitigar os impactos e garantir a viabilidade ecológica e social do setor sucroenergético. A sustentabilidade da produção da cana-de-açúcar, especialmente em regiões ambientalmente frágeis, dependerá da capacidade de articular crescimento econômico com responsabilidade ambiental e justiça social.

REFERÊNCIAS

EPE, Empresa de Pesquisa Energética - Matriz Energética e Elétrica. Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf>

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimentos - ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR. v. 4 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento,

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

abril de 2017. Disponível em:
<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar?start=20>>. Acesso em: 08 jun. 2025.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimentos. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, v. 9 – Safra 2022-23, n.2 - Segundo levantamento, p. 1-58, Agosto de 2022. ISSN 2318-792. Disponível em:
<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>>.
Acesso em: 08 jun. 2025

ANDRADE, M. C. Espaço e tempo na agroindústria canavieira de Pernambuco. ESTUDOS AVANÇADOS 15 (43), 2001. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1590/S0103-40142001000300020>>. Acesso em: 08 jun. 2025.

EMBRAPA. Épocas de Plantio e Demanda de Irrigação da Cana-de-Açúcar na Região dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste. Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju, SE, 2016. Disponível em:
<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064904/epocas-de-plantio-e-demanda-de-irrigacao-da-cana-de-acucar-na-regiao-dos-tabuleiros-costeiros-do-nordeste>>.
Acesso em: 08 jun. 2025.

VIEIRA, Geísio Lima. Território e vulnerabilidades socioambientais no contexto do cultivo da cana-de-açúcar: o caso de Goiana-PE. 2021. 183 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. Disponível em:
https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/18747/1/Ge%C3%ADsioLimaVieira_Dissert.pdf. Acesso em: 08 jun. 2025.

OLIVEIRA, P. DESMATAMENTO NAS CAATINGAS PERNAMBUCANAS: uma análise da supressão de vegetação autorizada pelo Estado. 2016. Acesso em:
<<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/18770/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20P aula%20Daniele%20Final.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2025.