

Resíduos Sólidos Agrícolas: Desafios e Potenciais Soluções Sustentáveis

Agricultural Solid Waste: Challenges and Sustainable Solutions

Giovanna Sarah Reis Domingues, Graduada em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

giovanna.domingues@ufu.br

Daniel Rodrigues de Sousa, Graduando em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

daniel.sousa1@ufu.br

Mara Rúbia da Silva Miranda, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

mara_miranda@ufu.br

Luis Fernando Magnanini de Almeida, Engenharia Física, Universidade Federal de Uberlândia – UFU.

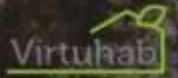
almeida@ufu.br

Número da sessão temática da submissão – [8]

Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo, gerando um elevado volume de resíduos sólidos provenientes de culturas como cana-de-açúcar, soja e milho. Este trabalho tem como objetivo analisar o panorama atual da geração e destinação desses resíduos no país, abordando seus impactos ambientais e socioeconômicos. O estudo utilizou dados provenientes de fontes governamentais e acadêmicas para identificar tendências e propor estratégias alinhadas à economia circular. Como resultado, destacam-se soluções como bioutilização, produção de biocombustíveis e compostagem, evidenciando o potencial de transformar resíduos em recursos valiosos. A adoção dessas práticas depende do fortalecimento de políticas públicas, do investimento em tecnologias e do engajamento de atores-chave. Conclui-se que o aproveitamento eficiente dos resíduos agrícolas representa uma oportunidade significativa para o desenvolvimento sustentável no setor agroindustrial brasileiro.

Palavras-chave: Resíduos agrícolas; Sustentabilidade; Economia circular.



Abstract

Brazil is one of the largest agricultural producers worldwide, generating a significant volume of solid waste from crops such as sugarcane, soybeans, and corn. This study aims to analyze the current landscape of waste generation and disposal in the country, addressing its environmental and socioeconomic impacts. Data from governmental and academic sources were used to identify trends and propose strategies aligned with the principles of the circular economy. The results highlight solutions such as bioutilization, biofuel production, and composting, showcasing the potential to transform waste into valuable resources. The adoption of these practices relies on strengthening public policies, investing in technology, and engaging key stakeholders. It is concluded that the efficient utilization of agricultural waste represents a significant opportunity for sustainable development in Brazil's agribusiness sector.

Keywords: *Agricultural waste; Sustainability; Circular economy.*

1. Introdução

A intensificação da atividade agrícola, tanto no Brasil quanto no cenário global, tem gerado volumes crescentes de resíduos sólidos provenientes de culturas estratégicas, como a cana-de-açúcar, a soja e o milho. Esse aumento expressivo traz consigo desafios ambientais e econômicos significativos, que demandam uma abordagem integrada e sustentável para a gestão e o reaproveitamento desses materiais. Neste contexto, o presente estudo se propõe a examinar a dimensão do problema com base em dados obtidos de fontes confiáveis, como órgãos governamentais, publicações acadêmicas e relatórios de organizações ambientais. Além disso, busca identificar tendências emergentes e propor soluções inovadoras que não apenas reduzam os impactos ambientais, mas também agreguem valor às cadeias produtivas, contribuindo para a transição rumo a um modelo mais sustentável e alinhado aos princípios da economia circular.

A sustentabilidade no setor agroindustrial vai além da preservação ambiental: ela envolve a promoção do desenvolvimento econômico aliado ao bem-estar social, garantindo a permanência das atividades produtivas para as futuras gerações. Nesse cenário, a correta gestão dos resíduos agrícolas assume papel central, pois permite minimizar os impactos negativos ao meio ambiente, como a degradação do solo, a contaminação dos recursos hídricos e a emissão de gases de efeito estufa. Ao mesmo tempo, possibilita a geração de valor econômico a partir do reaproveitamento de subprodutos, contribuindo para a redução do desperdício e o fortalecimento de cadeias produtivas mais resilientes e sustentáveis.

O setor agrícola tem papel crucial na economia brasileira, representando parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB), da geração de empregos e das exportações nacionais. Contudo, o manejo inadequado dos resíduos gerados por esse mesmo setor pode comprometer os avanços conquistados, gerando externalidades negativas que afetam não apenas o meio ambiente, mas também a qualidade de vida das comunidades rurais e urbanas. Os impactos sociais incluem riscos à saúde pública, perda da biodiversidade e aumento das desigualdades regionais, especialmente em áreas com infraestrutura precária para coleta e tratamento de resíduos.

Assim, a adoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos agrícolas é fundamental para garantir a longevidade e a competitividade do agronegócio brasileiro. Além de mitigar problemas ambientais e sociais, tais práticas favorecem o surgimento de novas



oportunidades de negócio, especialmente em áreas como bioenergia, compostagem, produção de fertilizantes orgânicos e alimentos funcionais. Dessa forma, a presente pesquisa se justifica pela sua relevância transversal, com impactos positivos esperados não apenas para o setor agrícola, mas também para os campos da sustentabilidade ambiental, da segurança alimentar, da energia renovável e da formulação de políticas públicas mais eficazes.

2. Metodologia

Este estudo adotou uma abordagem quali-quantitativa, com base em pesquisa bibliográfica e documental, visando analisar os desafios e as potenciais soluções sustentáveis para a gestão de resíduos sólidos agrícolas no Brasil. Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura em bases de dados especializadas, como SciELO, Google Acadêmico e periódicos do setor agropecuário, para compreender os principais conceitos relacionados à geração, manejo e impactos ambientais desses resíduos.

Paralelamente, foram coletados dados em sites de instituições governamentais e órgãos reguladores, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com o objetivo de identificar os principais resíduos agrícolas gerados no Brasil, suas características e volumes de produção. Também foram analisados documentos técnicos e relatórios de sustentabilidade de empresas do setor agrícola.

A partir dessas informações, procedeu-se à análise comparativa dos dados coletados, identificando tendências, práticas adotadas e desafios enfrentados no manejo desses resíduos. Buscou-se, ainda, mapear soluções sustentáveis propostas ou implementadas, com foco em tecnologias de reaproveitamento, políticas públicas e práticas de economia circular. A metodologia adotada permitiu a construção de uma visão crítica sobre a situação atual, fornecendo subsídios para a proposição de estratégias mais sustentáveis e eficientes de gestão de resíduos sólidos agrícolas no Brasil.

3. Resultados e Discussões

3.1 Principais Culturas Agrícolas no Brasil e sua Geração de Resíduos

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores agrícolas do mundo. A seguir, apresenta-se um panorama das principais culturas e os resíduos gerados:

- **Cana-de-açúcar:**

Com produção superior a 600 milhões de toneladas anuais, a cana é fundamental para a produção de etanol. Seus resíduos, como bagaço e palha, são utilizados na geração de energia e na fertilização do solo.

- **Soja:**

Produzida em volumes superiores a 150 milhões de toneladas anuais, a soja gera resíduos (farelo e cascas) empregados na alimentação animal e na produção de biodiesel.

- **Milho:**

Com cerca de 120 milhões de toneladas produzidas anualmente, o milho gera palha e sabugo, aproveitados na geração de energia e na compostagem.

- **Café:**

A produção de café, que ultrapassa 3 milhões de toneladas por ano, gera resíduos como cascas e borra, utilizados na fabricação de adubos e biocombustíveis.

- **Algodão:**

Com produção anual em torno de 2,5 milhões de toneladas, os resíduos do algodão (fibras residuais e caroço) são reaproveitados na indústria têxtil e na alimentação animal.

Para visualizar melhor a distribuição da produção agrícola no país, o Gráfico 1 apresenta os dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola do IBGE. Ele ilustra a participação das principais culturas na produção total brasileira, destacando a relevância de cada uma para a economia e para a geração de resíduos.

Gráfico 1: Produção por ano da safra e produto (Toneladas), janeiro 2025.



Fonte: IBGE, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2024.

3.2 Principais Culturas Agrícolas no Brasil e sua Geração de Resíduos

As principais culturas agrícolas no Brasil, citadas anteriormente, destacam-se não apenas pelos elevados volumes de produção, mas também pelo papel crucial que desempenham na economia nacional e global. No entanto, essa produção em larga escala traz consigo desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao manejo dos resíduos gerados. A intensa atividade agrícola resulta em um expressivo volume de resíduos sólidos, cujos impactos ambientais podem ser potencialmente prejudiciais se não forem tratados de forma adequada. Para exemplificar, o Quadro 1 apresenta uma visão geral da produção dessas culturas e a quantidade estimada de resíduos gerados, com base



em dados disponibilizados por artigos acadêmicos e órgãos governamentais, como IBGE (2024); Embrapa (2020); Spadotto e Ribeiro (2006).

Quadro 1: Produção Agrícola e Geração Estimada de Resíduos no Brasil.

Cultura	Produção Anual (Milhões de Toneladas)	Resíduos Gerados por Tonelada (Milhões de Toneladas)	Resíduos Totais (Milhões de Toneladas)
Cana-de-açúcar	600	0,28 (bagaço) + 0,14 (palha)	168 (bagaço) + 84 (palha) = 252
Soja	150	1,3	195
Milho	120	1,5	180
Café	3	1,2	3,6
Algodão	2,5	3	7,5

Fonte: autoria própria (2025)

3.3 Dados e Cenário Atual

De acordo com dados do IBGE e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), o volume de resíduos agrícolas no Brasil tem apresentado crescimento significativo, reflexo da expansão das áreas cultivadas e da intensificação produtiva. Estudos recentes indicam que, só na produção de cana-de-açúcar, os resíduos (como bagaço e palha) podem ultrapassar dezenas de milhões de toneladas anuais. Em nível mundial, a literatura aponta que a gestão inadequada desses resíduos contribui para a emissão de gases de efeito estufa, degradação do solo e contaminação dos recursos hídricos.

Entre os principais desafios para o manejo adequado destacam-se:

- Logística e Infraestrutura:

A dispersão das áreas agrícolas dificulta a coleta e o transporte eficiente dos resíduos, além de evidenciar a carência de unidades de processamento em diversas regiões.

- Baixa Valorização Econômica:

A ausência de mercados consolidados para subprodutos derivados dos resíduos limita os investimentos em tecnologias de reaproveitamento.

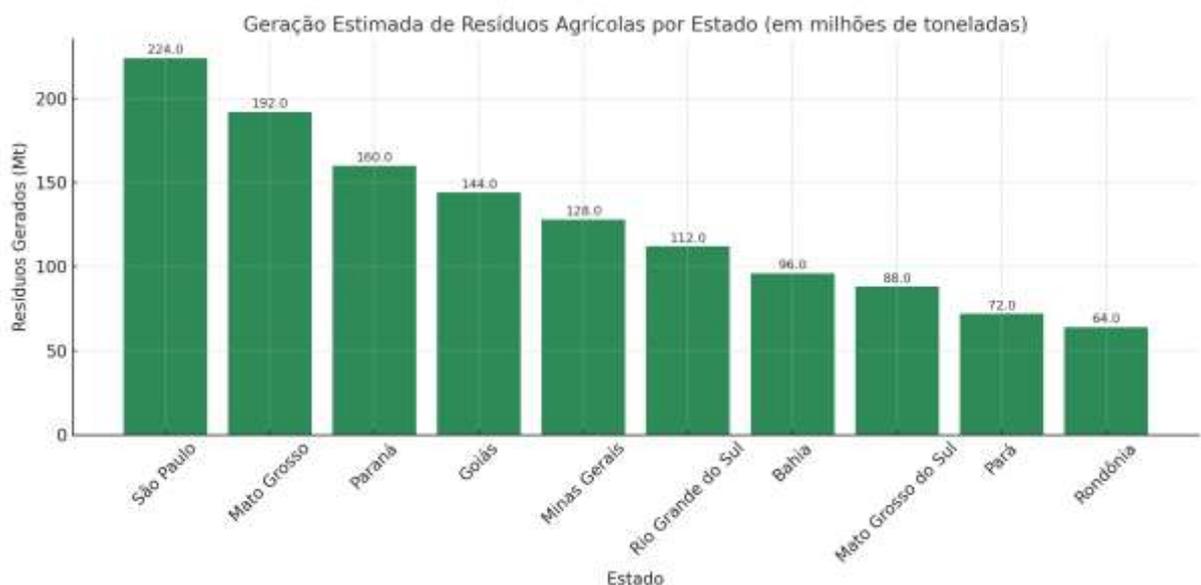
- Falta de Políticas Públicas Integradas:

A escassez de incentivos fiscais, subsídios e diretrizes específicas dificulta a implementação de sistemas sustentáveis de tratamento e destinação dos resíduos agrícolas.

Fontes governamentais e acadêmicas reforçam a necessidade de uma abordagem integrada para mitigar os impactos ambientais decorrentes do manejo inadequado desses resíduos.

A distribuição regional da geração de resíduos agrícolas no Brasil acompanha a concentração das principais culturas em estados com forte vocação agroindustrial. Conforme estimativas baseadas em dados médios de produção e fatores de resíduo por tonelada, os estados de São Paulo, Mato Grosso, Paraná e Goiás destacam-se como os maiores geradores de resíduos sólidos agrícolas. Esses estados, sozinhos, concentram uma parcela significativa da produção nacional de cana-de-açúcar, soja e milho, o que eleva proporcionalmente a geração de subprodutos como bagaço, palha, cascas e sabugos. O Gráfico 2 a seguir ilustra essa distribuição estimada, evidenciando a importância de estratégias regionais específicas para o manejo sustentável desses resíduos.

Gráfico 2: Geração Estimada de Resíduos Agrícolas por Estado.

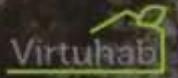


Fonte: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2024) e literatura técnica (SPADOTTO e RIBEIRO, 2006; EMBRAPA, 2020).

3.4 Análise Crítica

Uma análise comparativa entre diferentes regiões revela que países desenvolvidos têm investido fortemente em modelos de economia circular, onde os resíduos agrícolas são convertidos em biogás, compostos orgânicos e outros subprodutos com valor agregado. No entanto, no Brasil, apesar do potencial, a gestão ainda se mostra fragmentada e insuficiente.

Nesse cenário, a Alemanha se destaca como referência internacional na valorização de resíduos agrícolas. O país possui uma das maiores infraestruturas de produção de biogás no mundo, com mais de 9 mil unidades operando principalmente com resíduos agrícolas e subprodutos da agroindústria. Por meio de políticas públicas robustas, incentivos financeiros e integração entre agricultores, cooperativas e instituições de pesquisa, a Alemanha conseguiu consolidar um modelo eficiente de reaproveitamento de resíduos



orgânicos. Essa experiência evidencia o papel estratégico de políticas estruturadas e tecnologias de base sustentável para transformar passivos ambientais em oportunidades econômicas.

Entre os pontos críticos, destacam-se:

- **Desigualdade Regional:**

Regiões com maior concentração agrícola, como o Centro-Oeste e o Sudeste, enfrentam maiores desafios logísticos e ambientais, enquanto países da União Europeia já dispõem de sistemas integrados de coleta e processamento.

- **Investimento em Tecnologia:**

A falta de incentivo para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias de tratamento impede a adoção de processos eficientes, como a compostagem acelerada e o uso de biodigestores, que poderiam reduzir significativamente os impactos ambientais.

- **Conscientização e Capacitação:**

A baixa divulgação de boas práticas e a ausência de programas de educação ambiental entre os produtores rurais contribuem para a perpetuação de métodos inadequados de destinação dos resíduos.

3.5 Propostas de Soluções Inovadoras e Sustentáveis

A partir dos dados coletados e da análise crítica realizada, propõe-se um conjunto de medidas integradas para a melhoria da gestão dos resíduos agrícolas:

- **Economia Circular, Parcerias e Políticas Públicas:**

Fomentar parcerias entre produtores, indústrias e centros de pesquisa para transformar resíduos agroindustriais em subprodutos comercializáveis, como bioplásticos e biofertilizantes, reduzindo desperdícios e gerando renda. Além disso, implementar políticas públicas com incentivos fiscais, linhas de crédito e subsídios para práticas sustentáveis, bem como regulamentar a coleta, transporte e processamento de resíduos.

- **Capacitação, Tecnologia e Logística:**

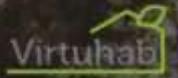
Promover treinamentos para produtores rurais sobre destinação correta dos resíduos e tecnologias inovadoras. Implementar sistemas logísticos integrados com ferramentas de TI para otimizar a coleta, transporte e monitoramento dos resíduos, aumentando eficiência e rastreabilidade.

- **Bioutilização e Valorização de Resíduos:**

Aproveitar resíduos agroindustriais para agregar valor econômico e reduzir impactos ambientais. Segundo Pelizer et al. (2007), o bagaço de cana-de-açúcar pode ser usado para cultivar microalgas como *Spirulina platensis*, aumentando seu teor proteico para alimentação animal.

- **Produção de Biocombustíveis e Compostagem:**

Resíduos agroindustriais também podem ser convertidos em biocombustíveis. Canakci (2007) destaca que lipídios residuais de restaurantes são matéria-prima viável para biodiesel, reduzindo custos e dependência de combustíveis fósseis. Já a compostagem



melhora a qualidade do solo e reduz a necessidade de fertilizantes sintéticos, conforme Laufenberg (2003).

- Reaproveitamento na Indústria Alimentícia:

Resíduos agroindustriais podem ser utilizados na produção de novos alimentos. Borges et al. (2004) demonstraram que resíduos do processamento de abacaxi podem ser reaproveitados para sucos, reduzindo desperdícios e gerando valor agregado.

4 Conclusão

A crescente geração de resíduos agroindustriais no Brasil configura-se como um dos principais desafios ambientais, sociais e econômicos da atualidade. Contudo, esse cenário também representa uma oportunidade estratégica para fomentar práticas sustentáveis e inovadoras no setor agrícola. O aproveitamento eficiente desses resíduos, quando conduzido de forma integrada, possibilita não apenas a mitigação de impactos ambientais, mas também a geração de valor econômico e a promoção do desenvolvimento regional.

Os dados apresentados ao longo deste estudo evidenciam que estados com maior produção agrícola, como São Paulo, Mato Grosso, Paraná e Goiás, concentram os maiores volumes de resíduos sólidos agrícolas. Isso reforça a importância de políticas públicas regionais direcionadas, investimentos em infraestrutura e incentivo à adoção de tecnologias limpas. A transformação desses resíduos em recursos úteis — como biocombustíveis, biofertilizantes, alimentos funcionais e produtos de base biológica — consolida um caminho promissor para o avanço da bioeconomia no país.

Dessa forma, a gestão adequada dos resíduos agrícolas deve ser compreendida como uma ação estratégica, capaz de promover sustentabilidade ambiental, competitividade econômica e inclusão social. A pesquisa aqui desenvolvida contribui para essa visão sistêmica, ao integrar dados, análises e propostas práticas que podem subsidiar ações intersetoriais entre agricultura, meio ambiente, energia e políticas públicas. Assim, o Brasil tem a oportunidade de se consolidar como referência global em economia circular no setor agroindustrial, transformando passivos ambientais em ativos sustentáveis.

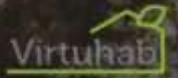
Referências

AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN. Facts and figures: Biogas in Germany. Alemanha: AEE, 2023. Disponível em: <https://www.unendlich-viel-energie.de>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BORGES, C. D. et al. Produção de suco de abacaxi obtido a partir dos resíduos da indústria conserveira. *Boletim do CEPPA*, v. 22, n. 1, p. 23-34, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. Brasília: MMA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/gestao-ambiental/gestao-de-residuos>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005*. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/gestao-ambiental/gestao-de-residuos>. Acesso em: 16 fev. 2025.



CANAKCI, M. The potential of restaurant waste lipids as biodiesel feedstocks. *Bioresource Technology*, v. 98, p. 183-190, 2007.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2023*. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/gestao-de-residuos/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

COELHO, S. T. et al. *Modelos de negócios para o aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais – Volume 1*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br>. Acesso em: 28 fev. 2025.

ESTADÃO. Conheça quais são as 5 principais culturas plantadas no Brasil. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/summit-agro/conheca-quais-sao-as-5-principais-culturas-plantadas-no-brasil>. Acesso em: 27 fev. 2025.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V. Biogas Basics and Applications. Alemanha: FNR, 2022. Disponível em: <https://www.fnr.de>. Acesso em: 12 mar. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html>. Acesso em: 27 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Resíduos Sólidos Urbanos*. IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 16 fev. 2025.

IEA BIOENERGY. Biogas production and use in Germany – Status and perspectives. Task 37, 2021. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com>. Acesso em: 12 mar. 2025.

LAUFENBERG, G. Transformation of vegetable waste into added products. *Bioresource Technology*, v. 87, p. 167-198, 2003.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. de. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. *Journal of Technology Management & Innovation*, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. *Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria*. Botucatu: Fepaf, 2006. Disponível em: <https://www.bibliotecaagpatea.org.br>. Acesso em: 28 fev. 2025.

VAZ, S. et al. *Aproveitamento de resíduos agroindustriais: uma abordagem sustentável*. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 28 fev. 2025.