

## **Impactos Ambientais e Econômicos da produção de Biogás a partir de resíduos agrícolas no Agronegócio brasileiro**

Daniel Caynã Almeida Soares Kurpel Daron<sup>1</sup>

Raissa Macedo Lacerda Osorio<sup>2</sup>

### **RESUMO**

O presente estudo investiga os impactos ambientais e econômicos da produção de biogás a partir de resíduos agrícolas no Brasil. Com foco na digestão anaeróbica, a pesquisa aborda como a adoção dessa tecnologia pode mitigar a emissão de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que gera valor econômico para o agronegócio. Resíduos de culturas como cana-de-açúcar, suínos e bovinos são destacados como principais fontes para a produção de biogás, cujo aproveitamento reduz significativamente o impacto ambiental e melhora a sustentabilidade das atividades agropecuárias. O biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono, surge como uma alternativa viável para a geração de energia limpa, substituindo combustíveis fósseis e gerando biofertilizantes como subprodutos, o que agrega valor ao ciclo produtivo. A pesquisa também discute os desafios enfrentados pela disseminação dessa tecnologia, incluindo a falta de informação e apoio técnico, além de destacar os avanços recentes e o papel das políticas públicas na promoção do biogás como parte da matriz energética brasileira. Conclui-se que a produção de biogás oferece uma solução sustentável para a gestão de resíduos agrícolas, com benefícios ambientais e econômicos substanciais, promovendo a sustentabilidade e a eficiência no agronegócio. O estudo enfatiza a importância do apoio governamental e da inovação tecnológica para maximizar o potencial dessa prática no cenário energético do país.

---

<sup>1</sup> Discente da Faculdade CNA. E-mail: [eoqdaron@gmail.com](mailto:eoqdaron@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente da Faculdade CNA. E-mail: [raissaosorio90@gmail.com](mailto:raissaosorio90@gmail.com)



**Palavras-chave:** Biogás, produção, resíduos, agronegócio.

### **ABSTRACT**

*This study investigates the environmental and economic impacts of biogas production from agricultural waste in Brazil. Focusing on anaerobic digestion, the research explores how the adoption of this technology can mitigate greenhouse gas emissions while generating economic value for agribusiness. Residues from crops such as sugarcane, swine, and cattle are highlighted as key sources for biogas production, whose utilization significantly reduces environmental impact and improves the sustainability of agricultural activities. Biogas, mainly composed of methane and carbon dioxide, emerges as a viable alternative for clean energy generation, replacing fossil fuels and producing biofertilizers as byproducts, thus adding value to the production cycle. The study also discusses the challenges faced in the widespread adoption of this technology, including the lack of information and technical support, and highlights recent advancements and the role of public policies in promoting biogas as part of Brazil's energy matrix. It concludes that biogas production offers a sustainable solution for managing agricultural waste, with substantial environmental and economic benefits, promoting sustainability and efficiency in agribusiness. The research emphasizes the importance of government support and technological innovation to maximize the potential of this practice within the country's energy landscape.*

**Key words:** Biogas, production, waste, agribusiness.

## **1. INTRODUÇÃO**

O agronegócio brasileiro existe como um dos pilares da economia nacional. Em 2023, o IBGE registrou um aumento de 2,9% no PIB geral no Brasil, sendo que destes, a agropecuária registrou um crescimento de 15,1%, alcançando R\$ 677,6 bilhões de reais (IBGE, 2023). Este desempenho representou a maior alta anual da série histórica iniciada em 1995, evidenciando as produções de soja e milho.

Com uma vasta produção de grãos, carnes e outros produtos agrícolas, o Brasil se destaca como um dos principais exportadores de *commodities* no cenário global. No entanto, o agronegócio enfrenta desafios ambientais e econômicos, demandando soluções inovadoras e sustentáveis. Existe uma pressão social crescente, exigindo uma produção mais eficiente, com



menos impacto ao meio ambiente, especialmente quando tratamos sobre mudança climática e degradação de recursos naturais (MAPA, 2016).

De acordo com BNDES (2018), o grande desafio de combater a mudança climática está impulsionando a adoção de fontes de energia renovável. Além dos problemas ambientais, os combustíveis fósseis enfrentam crescentes dificuldades devido à volatilidade dos preços e à tendência de redução da oferta nos médio e longo prazos.

Dado ao aumento de interesse mundial, nota-se que a produção de biogás a partir de resíduos através da digestão anaeróbica tem tomado proporções promissoras, visto que o número de pesquisas e projetos tem um crescente desenvolvimento no mundo. Esse interesse promove a ressignificação dos resíduos orgânicos gerados, começando pela evidente redução no volume no descarte final, transformando-o em um ativo valioso para a geração de bioenergia (Caillot, 2017).

A utilização significativa de resíduos como substrato para a produção de biogás decorre dos sistemas de criação confinados na suinocultura e da necessidade de mitigar o impacto ambiental. Assim, a exploração deste recurso requer apenas pequenas modificações nas estruturas de produção e a instalação de sistemas de biodigestores (MAPA, 2016).

No estudo realizado pelo MAPA em 2016, *Suinocultura de baixa emissão de carbono*, são mencionados alguns relatórios que apontam a produção animal como uma das principais emissoras de GEE (Gases de Efeito Estufa), motivando movimentos populares para a redução e exclusão do consumo de carne. Da agropecuária, 9% correspondem a produção de suínos, destes, cerca de 9 a 16%, é pela produção de metano no manejo inadequado de dejetos.

Em sua dissertação datada do ano de 2017, Caillot discorre em suas pesquisas que tanto a produção animal quanto a agricultura resultam em grandes volumes de resíduos. Tradicionalmente, esses resíduos são depositados no solo para sua reestruturação, o que resulta na emissão de gases e impactos ambientais. Esses resíduos contêm compostos valiosos de interesse comercial que poderiam ser recuperados. Isso não só reduziria a quantidade de resíduos gerados, mas também melhoraria a viabilidade econômica dos processos ao produzir produtos de valor agregado.

De acordo com Silva (2015), o biogás, que contém entre 60 e 90% de metano, é o principal produto gerado pelo processo anaeróbio. Este biogás pode ser empregado como combustível para máquinas, caldeiras e sistemas de aquecimento. Além disso, seu uso permite a redução de custos de processos produtivos e a despoluição, uma vez que não é liberado no ambiente. Assim, a digestão anaeróbia oferece várias vantagens, incluindo a produção de



biogás, a descontaminação de resíduos, a diminuição da demanda química e biológica de oxigênio, a redução do conteúdo de sólidos voláteis nos resíduos e a produção de um resíduo sólido que pode ser usado como fertilizante.

Levando todas essas informações em consideração, o uso do biogás como fonte de energia tem impactos positivos tanto econômicos quanto ambientais. Além de tratar resíduos agroindustriais, também reduz a pressão sobre recursos hídricos, solo e terras cultiváveis que seriam utilizadas no ciclo como fonte de matéria-prima para sua produção (Silva, 2015).

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo compreender os impactos gerados na economia e no meio ambiente a partir da tecnologia de produção do biogás, que há muito tempo já é explorada no mundo, mas em desfoque no Brasil.

## **2. METODOLOGIA**

A pesquisa foi conduzida com base em fontes acadêmicas e científicas, utilizando a plataforma Google Scholar como principal ferramenta de consulta. Foram selecionados artigos, teses, dissertações e relatórios relevantes publicados nos últimos dez anos (2014 a 2024). Os termos de busca utilizados incluíram as palavras-chave “biogás”, “produção”, “resíduos” e “agronegócio”, visando identificar estudos diretamente relacionados ao tema de interesse.

O processo de seleção dos artigos iniciou-se com uma triagem preliminar, baseada na análise dos títulos e resumos dos materiais selecionados. Em seguida, procedeu-se à leitura detalhada dos documentos mais relevantes, com o objetivo de aprofundar a compreensão dos conteúdos. Durante essa etapa, foi realizada uma análise crítica dos métodos, resultados e conclusões apresentados pelos estudos, permitindo identificar dados pertinentes para a pesquisa. A extração de informações relevantes foi sistemática, assegurando a consistência e a qualidade das informações coletadas.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**



O referencial teórico abordará a evolução histórica da produção de biogás no Brasil, destacando os principais marcos no desenvolvimento dessa tecnologia e os desafios enfrentados ao longo do tempo. Em seguida, serão explorados os conceitos fundamentais do biogás, incluindo sua composição, processo de produção e potencial energético. Serão também discutidas as principais fontes de resíduos agrícolas e industriais utilizadas na produção de biogás, com ênfase no contexto brasileiro. Por fim, o referencial examinará os avanços tecnológicos, o impacto ambiental e as perspectivas econômicas associadas à adoção dessa tecnologia, apontando para sua relevância no agronegócio sustentável e na matriz energética nacional.

### **3.1. Histórico do biogás**

A produção de biogás no Brasil começou em 1979, durante a crise do petróleo, como uma alternativa energética sustentável. O primeiro biodigestor foi construído em Brasília, marcando o início da trajetória dessa fonte de energia renovável no país. Em 1982, a disponibilidade de materiais simples e de baixo custo para a construção de biodigestores em áreas rurais levou o governo federal a lançar o Programa de Mobilização Energética (PME), que visava promover o uso de biogás em substituição aos combustíveis fósseis, diversificando a matriz energética nacional (CIBiogás, 2023).

Até 1984, a EMATER/PR estimava a existência de cerca de 3.000 biodigestores em operação no Brasil. Contudo, o avanço dessa tecnologia enfrentou diversos obstáculos. A falta de informação adequada e a escassez de mão de obra especializada fizeram com que muitos biodigestores não atendessem às expectativas dos produtores rurais. Como resultado, muitos sistemas de produção de biogás foram desativados devido à ineficiência e à falta de suporte técnico (CIBiogás, 2023).

Apesar dos desafios iniciais, a produção de biogás no Brasil tem mostrado avanços significativos nas últimas décadas. O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e a implementação de políticas públicas de incentivo foram cruciais para revitalizar o setor. Programas como o RenovaBio, instituído pelo governo brasileiro, têm desempenhado um papel fundamental ao promover a produção de biocombustíveis, incluindo o biogás, como parte de uma estratégia nacional para a redução de emissões de gases de efeito estufa e a promoção da sustentabilidade energética (CIBiogás, 2023).



Atualmente, o biogás representa uma alternativa viável e sustentável para a gestão de resíduos agrícolas e a produção de energia limpa no Brasil. A adoção crescente dessa tecnologia reflete não apenas a preocupação com a sustentabilidade ambiental, mas também o potencial econômico do biogás para o agronegócio brasileiro. A expectativa é que, com o contínuo apoio governamental e o aprimoramento das técnicas de produção, o biogás se torne uma componente cada vez mais importante da matriz energética brasileira.

### **3.2. Biogás**

O biogás pode ser definido como uma mistura de gases resultante da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, que inclui resíduos agrícolas, restos de alimentos, lodo de esgoto e outros materiais orgânicos. Sua composição é predominantemente de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), além de pequenas quantidades de outros gases, como hidrogênio sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ). A produção de biogás ocorre em ambientes isentos de oxigênio, onde microrganismos promovem a degradação da matéria orgânica, liberando energia na forma de gás (BNDES, 2018).

O biogás é considerado uma fonte de energia renovável, sendo utilizado na geração de eletricidade, aquecimento e como combustível para veículos, podendo substituir combustíveis fósseis, como o diesel. Além disso, o processo de produção de biogás gera um subproduto conhecido como biofertilizante, que pode ser aplicado na agricultura para enriquecer o solo (BNDES, 2018).

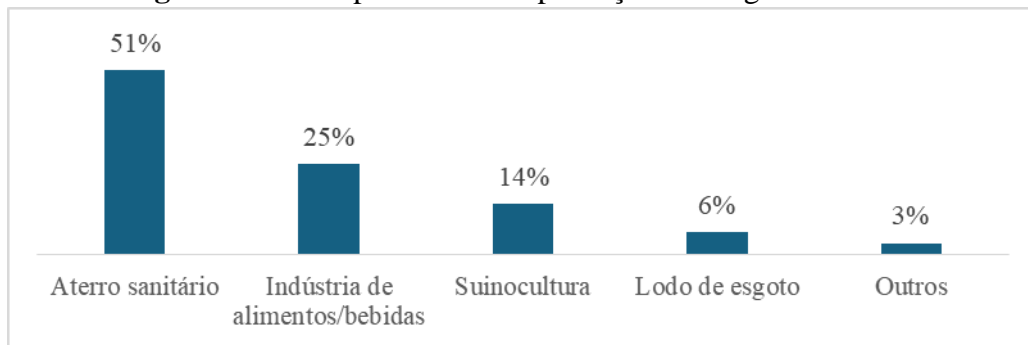
### **3.3. Principais resíduos agrários**

As principais fontes de produção de biogás são os aterros sanitários, a indústria de alimentos e bebidas, a suinocultura e o lodo de esgoto, que representam setores estratégicos para a geração de energia renovável a partir da decomposição de resíduos orgânicos (BNDES, 2018). Nos aterros sanitários, o biogás é produzido pela decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos urbanos, enquanto na indústria de alimentos e bebidas, resíduos como restos de alimentos e subprodutos de processos industriais são utilizados para gerar energia limpa. Na suinocultura, a decomposição dos dejetos animais em sistemas controlados de biodigestão permite o aproveitamento do biogás para diversos fins energéticos. Por fim, o lodo de esgoto, resultado do tratamento de águas residuais, oferece uma fonte contínua de biomassa, contribuindo para a produção de biogás e promovendo um destino sustentável para os resíduos gerados nas estações de tratamento. A figura a seguir (ver Figura 1) ilustra cada



uma das fontes mencionadas bem como o percentual relativo de sua contribuição para o total produzido no Brasil:

**Figura 1 - Principais fontes de produção de biogás no Brasil.**



Fonte: BNDES, 2018.

A diversidade das atividades agrícolas e pecuárias no Brasil, como a suinocultura, bovinocultura, cafeicultura, entre outras, gera um volume expressivo de resíduos orgânicos que, se não tratados adequadamente, podem representar sérios riscos ambientais. Esse desafio de gestão se intensifica com o constante crescimento do agronegócio nacional, que precisa adotar soluções sustentáveis para reduzir o impacto dos resíduos gerados e promover a circularidade de materiais. Nesse contexto, o biogás surge como uma solução promissora, possibilitando a transformação desses subprodutos em fontes renováveis de energia. A biodigestão anaeróbica, por exemplo, permite a conversão de resíduos orgânicos em biogás, composto majoritariamente por metano (CH<sub>4</sub>), que pode ser utilizado para gerar eletricidade, calor e até mesmo combustível veicular, dependendo do grau de purificação.

Além de reduzir a emissão de gases de efeito estufa, o biogás também contribui para a mitigação de odores e para o controle de patógenos em áreas de manejo intensivo de resíduos. A produção de biogás, portanto, além de representar uma estratégia ambientalmente vantajosa para a destinação final de resíduos fomenta a independência energética e valoriza resíduos agrícolas e pecuários, promovendo um modelo de agronegócio mais sustentável e alinhado aos princípios da economia circular.

### 3.1.1 Cama de aviário



Proveniente da avicultura, trata-se de um material utilizado na criação de aves, especialmente em sistemas de produção de frangos de corte e de ovos. Ela é composta por uma mistura de materiais absorventes, como palha, serragem, feno, casca de arroz ou outros substratos orgânicos, que são colocados no piso das instalações onde as aves são criadas. A função principal da cama de aviário é proporcionar conforto às aves, absorver a umidade e os dejetos, além de ajudar a controlar odores. Esse resíduo é significativo, com uma produção média estimada em cerca de 9,93 milhões de toneladas por ano (ABISOLO, 2016); entretanto, apresenta um potencial restrito para produção de biogás, uma vez que são mais secos que o ideal para produção.

### 3.1.2 *Dejetos de suínos*

Os dejetos de suínos referem-se aos resíduos gerados pela criação de suínos, incluindo fezes, urina e restos de ração não consumida. Esses dejetos são uma fonte significativa de poluição ambiental, pois, quando não tratados adequadamente, podem contaminar o solo e os corpos hídricos, além de contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, como o metano (CH<sub>4</sub>). A suinocultura gera uma quantidade considerável de resíduos, estimando-se aproximadamente 900 milhões de toneladas por ano, e já tem sido alvo de estudos para a produção de biogás.

No ano de 2015, foi registrado uma produção estimada em 196 mil Nm<sup>3</sup>/dia (BNDES, 2018). Dados mais recentes indicam um crescimento significativo nesse setor. De acordo com o Panorama do Biogás no Brasil 2023, publicado pelo CIBiogás, o país registrou a operação de 338 novas plantas de biogás e biometano em 2023, totalizando 1.365 plantas cadastradas. Essa expansão resultou em uma capacidade instalada de produção de biogás de 4,15 bilhões de Nm<sup>3</sup> por ano, o que equivale a aproximadamente 11,37 milhões de Nm<sup>3</sup> por dia.

### 3.1.3 *Dejetos de bovinos*

Os dejetos bovinos consistem nos resíduos gerados pela criação de bovinos, incluindo fezes e urina. Esses dejetos são uma fonte significativa de poluição ambiental, pois, se não tratados adequadamente, podem contaminar o solo e os corpos hídricos, além de contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, como o metano (CH<sub>4</sub>), que possui um potencial de aquecimento global muito maior que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

A pecuária bovina também contribui com uma grande quantidade de resíduos, com uma produção estimada em 1.512.560 milhões de toneladas por ano. Entretanto, devido ao



formato de manejo desses animais, ser majoritariamente, criados em pastos abertos, a coleta dos dejetos é dificultada.

#### *3.1.4 Resíduos da produção de alimentos*

Os resíduos de alimentos referem-se a todos os restos e sobras gerados durante a produção, processamento, distribuição, venda e consumo de alimentos. Isso inclui cascas, talos, sementes, restos de refeições, produtos vencidos e outros materiais orgânicos que não são consumidos, como efluentes de processamento de alimentos, a exemplo, a água de mandioca, que é um resíduo gerado durante a lavagem do tubérculo, e a água proveniente da produção de suco de laranja.

Esses resíduos representam uma parte significativa do total de resíduos sólidos gerados, contribuindo para problemas ambientais, como a poluição e o aumento de aterros sanitários. A gestão adequada dos resíduos de alimentos é crucial para reduzir o desperdício, minimizar os impactos ambientais e promover a sustentabilidade na cadeia alimentar.

#### *3.1.5 Resíduos de culturas agrícolas*

Os resíduos de culturas agrícolas referem-se a todos os materiais orgânicos que permanecem após a colheita de culturas agrícolas. Isso inclui restos de plantas, como talos, folhas, cascas, grãos não colhidos, e outros subprodutos gerados durante o cultivo e a colheita. Esses resíduos são frequentemente considerados como resíduos agrícolas, mas podem ser uma valiosa fonte de matéria-prima para diversas aplicações, incluindo a produção de biogás.

No Brasil, a cana-de-açúcar é a principal matéria prima para produção de açúcar e álcool, com um registro de 175,3 milhões de toneladas em 2023, gerando uma grande quantidade de resíduos após processamento (ETENE, 2023).

Independente de fontes, o biogás pode ser gerado e aproveitado, reduzindo drasticamente o impacto ambiental causado pelo manejo inadequado destes resíduos. Além de promover maior eficiência dos recursos e práticas agrícolas sustentáveis, reduzindo o desperdício.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**



Utilizando a metodologia explicada, foram selecionados 10 artigos para análise, sendo

estes:

AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	METODOLOGIA	PRINCIPAIS RESULTADOS
Caillot, V. A.	2017	Avaliação do potencial de produção de biogás dos resíduos da Suinocultura Co digeridos com resíduos da agricultura brasileira	Análise experimental de co-digestão anaeróbia de Resíduos agrícolas e suinocultura.	Potencial de produção de biogás elevado com benefícios econômicos significativos para o agronegócio.
Ferreira, M. E.	2020	Avaliação do potencial de produção de biogás e energia a partir de resíduos agrícolas no Paraná	Estudo de campo e análise de resíduos agrícolas específicos do Paraná.	Identificou um alto potencial de produção de biogás, principalmente a partir de resíduos de culturas locais.
BNDES	2018	Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas	Revisão bibliográfica e análise de dados secundários.	Apontou as tendências e desafios na utilização de biogás como fonte de energia no Brasil.
Silva, J. P	2015	Geração de biogás a partir da Co digestão de resíduos agroindustriais	Experimentos laboratoriais de Co digestão de resíduos agroindustriais.	Demonstra que a Co digestão pode aumentar a produção de biogás e a eficiência energética.
Teperino et al.	2017	Desenvolvimento de digestor anaeróbio didático e testes de produção de biogás com resíduos da bovinocultura e cafeicultura	Desenvolvimento experimental de biodigestores e testes de produção de biogás.	Apresentou melhorias tecnológicas no design de biodigestores e eficiência na produção de biogás com diferentes tipos de resíduos.
MAPA	2016	Suinocultura de	Estudo de caso	Redução



AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	METODOLOGIA	PRINCIPAIS RESULTADOS
		baixa emissão de carbono	sobre práticas de manejo em suinocultura.	significativa de emissões de carbono com práticas sustentáveis, destacando o biogás como uma alternativa eficiente.
Pereira et al.	2017	Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM	Pesquisa de campo e análise da viabilidade econômica de biogás em fazendas.	Identificou a viabilidade econômica e a sustentabilidade do uso de biogás em propriedades rurais para geração de energia elétrica.
Simioni, T.	2021	Digestão anaeróbia de resíduos sólidos da indústria coureira, Co digestão com resíduos agrícolas e utilização de digestato em cultivo agrícola	Experimentos de Co digestão e aplicação de digestato em cultivos.	Eficiência na utilização de resíduos sólidos para produção de biogás e benefícios do uso do digestato como biofertilizante.
CIBiogás	2023	Biogás no Brasil: história e perspectiva de futuro	Revisão bibliográfica, compilando informações de diversas fontes históricas e científicas para traçar a evolução do biogás no país.	Os principais resultados mostram que o biogás teve destaque na crise do petróleo (década de 1970), mas enfrentou desafios técnicos e estruturais. No século XXI, com avanços



AUTORES	ANO DE PUBLICAÇÃO	TÍTULO	METODOLOGIA	PRINCIPAIS RESULTADOS
				tecnológicos e maior consciência ambiental, consolidou-se como fonte sustentável, contribuindo para gestão de resíduos e energia renovável.
CIBiogás	2023	Panorama do Biogás 2023	Coleta de dados de plantas operacionais no Brasil até 2023, coletados de instituições, pesquisadores e licenças ambientais, com estimativas conservadoras realizadas quando necessário	1.365 plantas operacionais no Brasil, com 338 novas em 2023 (+32% vs. 2022). A capacidade instalada superou 4,15 bilhões de Nm <sup>3</sup> /ano (+21% CAGR em 5 anos). O biometano alcançou 750 milhões de Nm <sup>3</sup> em 2023 (+19% vs. 2022), com destaque para São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul

A seleção dos artigos seguiu um processo de triagem baseado em critérios de relevância temática e metodológica, assegurando a representatividade dos estudos no contexto da produção de biogás a partir de resíduos agrícolas. Após a identificação dos materiais, realizou-se uma análise detalhada para extrair dados qualitativos e quantitativos que embasassem as discussões propostas. A sistematização das informações foi orientada por tópicos previamente definidos, permitindo uma comparação direta entre os resultados



apresentados pelos autores e o alinhamento com os objetivos do estudo. Essa abordagem reforça a confiabilidade das conclusões ao garantir que os dados analisados sejam consistentes com os avanços e desafios da temática abordada.

#### **4.1. Impactos econômicos na cadeia de valor do agronegócio**

O biogás extraído de resíduos agroindustriais agrega valor à cadeia produtiva do campo. Essa fonte de energia limpa impulsiona a economia rural, otimiza processos na indústria alimentícia e abre novas oportunidades de negócios. A produção de biogás a partir de resíduos da suinocultura e da agricultura foi analisada em diversos estudos. Por exemplo, um estudo sobre a co-digestão de resíduos suínos e agrícolas no Brasil demonstrou que essa prática pode aumentar a eficiência na geração de biogás e reduzir os custos de manejo de resíduos (Caillot, 2017). Essa abordagem não só diminui os custos operacionais como também gera uma nova fonte de receita através da venda do biogás produzido.

A gestão eficiente de resíduos orgânicos através da produção de biogás é fundamental para a sustentabilidade agrícola. Essa prática não apenas reduz a emissão de gases do efeito estufa, mas também transforma um problema ambiental em uma fonte de energia limpa, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis (BNDES, 2018).

Produtos agrícolas sustentáveis tendem a ser mais valorizados pelo consumidor, gerando uma imagem positiva para a marca e, conseqüentemente, acesso a mercados de alto padrão.

Além disso, a implementação de unidades de produção de biogás nas fazendas pode criar oportunidades de emprego e estimular o desenvolvimento econômico local. A construção e operação dessas unidades demandam mão de obra especializada, contribuindo para a diversificação econômica nas áreas rurais (Ferreira, 2020)

A produção de biogás oferece um benefício adicional: o digestato, um fertilizante natural que aumenta a fertilidade do solo, reduz a necessidade de insumos químicos e gera economia para os agricultores, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis (Silva, 2015).

##### *4.1.1. Valor agregado*



A produção de biogás oferece uma oportunidade única para os agricultores: transformar um problema, como os resíduos gerados que poderiam ser descartados, em uma solução (energia e fertilizante), contribuindo para a sustentabilidade e a geração de renda (Teperino *et al.*, 2017).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016), em um estudo realizado sobre a suinocultura de baixa emissão de carbono demonstrou que a utilização de biodigestores para a geração de biogás pode resultar em uma economia significativa, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A energia gerada pode ser utilizada na própria propriedade ou vendida para a rede elétrica, gerando um retorno financeiro adicional.

A co-digestão anaeróbia explora a sinergia entre diferentes resíduos gerados no campo, otimizando a produção de biogás e gerando um digestato de alta qualidade. Essa prática representa uma solução sustentável para o tratamento de resíduos e a melhoria da fertilidade do solo (Teperino *et al.*, 2017).

A produção de biogás é um investimento atrativo, com indicadores financeiros sólidos, como taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback*, que garantem o retorno rápido do capital investido. Essa tecnologia oferece uma oportunidade única de gerar lucro e contribuir para um futuro mais sustentável (MAPA, 2015).

#### 4.1.2. *Redução de custos operacionais*

A adoção de sistemas de produção de biogás no setor agroindustrial tem se mostrado uma estratégia eficaz para otimizar os custos operacionais. Ao utilizar resíduos agropecuários e agroindustriais como matéria-prima, essas unidades produtivas encontram uma solução sustentável para o gerenciamento de resíduos, transformando-os em uma valiosa fonte de energia renovável.

Um dos principais benefícios econômicos é a redução de despesas com energia. A produção de biogás permite a geração de energia elétrica e térmica diretamente nas propriedades rurais, diminuindo a dependência de fontes externas e os custos associados à compra de energia. Este aspecto é particularmente relevante para propriedades de médio e grande porte, onde o consumo energético é elevado (Teperino *et al.*, 2017).

A centralização do processamento de vários tipos de resíduos em um único local, por meio da co digestão anaeróbia, contribui para a eficiência operacional. A co digestão permite o uso otimizado de equipamentos e instalações, reduzindo os custos com manutenção e



operação. A economia de escala obtida com a co digestão de diferentes resíduos, como dejetos de suínos e resíduos de cultivos agrícolas, melhora a viabilidade econômica dos projetos de biogás (Teperino *et al.*, 2017).

#### 4.1.3. Oportunidades de negócios

A produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais é uma solução inovadora que alia sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica. Essa prática não só contribui para a preservação dos recursos naturais, mas também gera novos negócios e fortalece a cadeia produtiva do agronegócio.

O biogás oferece uma oportunidade única para o setor agrícola: a produção de biometano. Ao converter o biogás em biometano, as propriedades rurais podem abastecer suas próprias frotas de veículos ou vender esse combustível para o mercado, gerando uma nova fonte de receita e contribuindo para a descarbonização do transporte (BNDES, 2018).

O digestato, subproduto da produção de biogás, representa um valor agregado significativo. Comercializado como biofertilizante, ele atende à demanda crescente por práticas agrícolas mais sustentáveis, substituindo fertilizantes químicos. Além de gerar receita adicional, o biofertilizante contribui para a melhoria da fertilidade do solo e para a produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis (Silva, 2015).

A instalação e manutenção de unidades de produção de biogás impulsionam o desenvolvimento de um novo mercado, demandando empresas especializadas em tecnologia e serviços ambientais. A fabricação e manutenção de biodigestores, além da consultoria em gestão de resíduos e eficiência energética, geram diversas oportunidades de negócio, impulsionadas pela crescente adoção dessa tecnologia no setor rural (Teperino *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de projetos de biogás em larga escala pode ser impulsionado por parcerias público-privadas. Governos podem estimular a adoção dessa tecnologia por meio de incentivos fiscais, linhas de crédito e políticas públicas favoráveis, enquanto empresas privadas podem investir em infraestrutura de biogás, alinhando seus objetivos de sustentabilidade com o desenvolvimento econômico e social (Costa *et al.*, 2020).

## 4.2. Impacto ambiental



A digestão anaeróbia de resíduos agroindustriais é uma ferramenta poderosa na luta contra as mudanças climáticas. Ao substituir o manejo tradicional de resíduos, essa tecnologia reduz significativamente as emissões de metano, um potente gás do efeito estufa, contribuindo para a preservação do meio ambiente. Segundo BNDES (2018), a substituição de combustíveis fósseis por biogás pode diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.

A utilização de digestores anaeróbios evita a poluição do solo e das águas subterrâneas, pois os resíduos são tratados de forma controlada. Silva (2015) destaca que a digestão anaeróbia de resíduos da bovinocultura e cafeicultura reduz significativamente a carga poluente, proporcionando uma alternativa viável para a gestão sustentável de resíduos agroindustriais.

O biogás oferece uma solução completa para a gestão de resíduos agroindustriais. Além da geração de energia limpa, o processo produz o digestato, um biofertilizante de alta qualidade que enriquece o solo e reduz a necessidade de insumos químicos. Essa abordagem fecha o ciclo produtivo, minimizando os impactos ambientais (Simioni, 2021).

Em resumo, a produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais é uma solução completa para um agronegócio mais sustentável. Ao transformar resíduos em energia limpa e biofertilizantes, essa tecnologia mitiga os impactos ambientais, promove a fertilidade do solo e gera novas oportunidades de negócios, contribuindo para um desenvolvimento rural mais justo e equitativo.

#### *4.2.1. Redução de gases de efeito estufa – G.E.E.*

A produção de biogás é uma solução sustentável que transforma um problema em oportunidade. Ao converter resíduos agroindustriais em energia limpa, essa tecnologia reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a circularidade na agricultura e promove a sustentabilidade ambiental.

Banco nacional de desenvolvimento econômico e social - BNDES (2018) destaca que a digestão anaeróbia de resíduos agroindustriais, como os da suinocultura, pode reduzir significativamente as emissões de metano, um GEE com potencial de aquecimento global muito superior ao dióxido de carbono. Além disso, a utilização de biogás como substituto de combustíveis fósseis contribui para a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, promovendo uma matriz energética mais limpa.



O uso de digestores anaeróbios em propriedades agrícolas promove a captura e utilização de metano, evitando sua liberação direta na atmosfera; é o que afirmam Costa *et al.* (2020), que ressaltam que esta prática é particularmente relevante em regiões com alta concentração de atividades agroindustriais, onde a gestão inadequada de resíduos pode resultar em significativas emissões de GEE.

Em diversos cenários, a utilização de biodigestores para produção de biogás, e uma inteligente administração dos recursos obtidos, promovem uma série de benefícios quando se trata de Gases de Efeito Estufa, o metano é um dos principais gases responsáveis pelo evento, a utilização deste produto pode ser ampla, indo de abastecimento de veículos até geração de eletricidade. Para a agricultura, o subproduto do biodigestor, pode atuar como biofertilizante, reduzindo a utilização de substâncias de alto impacto no meio ambiente.

#### 4.2.2. *Gestão e valorização de resíduos*

A gestão de resíduos agroindustriais por meio da produção de biogás representa um marco na busca por um agronegócio mais circular e sustentável. A digestão anaeróbica transforma resíduos em recursos valiosos, como energia renovável e biofertilizantes, fechando o ciclo produtivo e minimizando os impactos ambientais.

Segundo o BNDES (2018), a digestão anaeróbia de resíduos de suinoculturas é uma tecnologia promissora para a produção de biogás, contribuindo para a redução da emissão de metano e a geração de energia elétrica e térmica, além de gerar um biofertilizante de alta qualidade.

A cena se repete em outros estudos, apesar da ampla gama de substratos que podem ser utilizados, a gestão e valorização de resíduos através da produção de biogás oferece uma solução sustentável e econômica para o agronegócio, promovendo a reciclagem de nutrientes e a geração de energia renovável. Esta abordagem contribui para a sustentabilidade ambiental e a eficiência produtiva no setor agropecuário.

### **4.3. Inovação e tecnologia na produção de biogás**

Observa-se nos estudos, uma evolução significativa na produção de biogás no Brasil, impulsionada por inovações tecnológicas que ampliam sua eficiência e sustentabilidade. O biogás, proveniente da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos, representa uma solução promissora para a gestão de resíduos agroindustriais e para a geração de energia renovável.



A adoção de tecnologias avançadas tem permitido o aproveitamento otimizado de resíduos, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para a diversificação da matriz energética no agronegócio brasileiro. Este contexto de inovação reflete-se tanto nos avanços em biodigestores quanto nas sinergias entre diferentes fontes de energia renovável.

#### 4.3.1. Avanços tecnológicos em biodigestores

Os biodigestores, dispositivos fundamentais para a produção de biogás, passaram por melhorias tecnológicas que potencializaram sua eficiência e viabilidade econômica. De acordo com BNDES (2018), os novos modelos de biodigestores apresentam sistemas de controle e automação aprimorados, permitindo uma gestão mais precisa das condições operacionais, como temperatura e pressão, que são cruciais para maximizar a produção de biogás.

Além disso, Oliveira *et al.* (2020) destacam a co digestão de resíduos agroindustriais como uma inovação significativa, que aumenta a eficiência dos biodigestores ao combinar diferentes tipos de resíduos, como os provenientes da suinocultura e da agricultura, maximizando a produção de biogás pela complementaridade dos substratos.

Por sua vez, Ferreira (2020) demonstra que a implementação de sistemas de monitoramento remoto em biodigestores permite a otimização de parâmetros operacionais como temperatura, pH e tempo de retenção hidráulica, resultando em um aumento da produção de biogás e na qualidade do biofertilizante, além de facilitar a gestão de resíduos da bovinocultura e cafeicultura.

#### 4.3.2. Sinergias entre matrizes energéticas

A integração de diferentes matrizes energéticas, especialmente a combinação de biogás com outras fontes renováveis, otimiza o uso de energia no agronegócio brasileiro, promovendo a sustentabilidade e a eficiência produtiva. Costa *et al.* (2020) enfatizam que a diversificação da matriz energética por meio da integração de biogás com energia solar e eólica não apenas melhora a autossuficiência energética das propriedades rurais, mas também reduz a dependência de fontes de energia convencionais, o que contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS



A pesquisa conduzida demonstra que a inovação tecnológica tem sido fundamental para impulsionar a produção de biogás no agronegócio brasileiro. Avanços em biodigestores, como sistemas de controle automatizados e monitoramento remoto, maximizam a eficiência da digestão anaeróbia, permitindo o aproveitamento otimizado de resíduos agroindustriais e contribuindo significativamente para a sustentabilidade do setor. A integração de diferentes matrizes energéticas, como biogás, solar e eólica, oferece maior flexibilidade e eficiência energética às propriedades rurais. Essa sinergia permite otimizar o consumo de energia, reduzir custos e minimizar as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para um futuro mais sustentável.

Os artigos analisados também ressaltam a importância da co digestão de diferentes tipos de resíduos como uma solução inovadora que potencializa a produção de biogás e gera subprodutos valiosos, como biofertilizantes. Esta abordagem integra diversos setores do agronegócio, fortalecendo tanto a sustentabilidade ambiental quanto a viabilidade econômica das atividades rurais.

Por fim, salienta-se que a adoção de tecnologias avançadas em biodigestores e a integração de diversas fontes de energia renovável representam um marco na transformação do agronegócio brasileiro para um modelo mais sustentável e eficiente. As inovações exploradas neste estudo demonstram o potencial de otimizar a gestão de resíduos, reduzir a pegada ambiental e impulsionar a economia circular no setor agropecuário.

## REFERÊNCIAS

ABISOLO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL. **Anuário brasileiro de tecnologia em nutrição vegetal**. 2016. Disponível em < <https://www.abisolo.com.br/anuario/> >. Acesso em: 11 jul. 2024.

BNDES. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas**. 2018. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384>> Acesso em: 17 out. 2024.

CAILLOT, V. A. Avaliação do potencial de produção de biogás dos resíduos da suinocultura Co digeridos com resíduos da agricultura brasileira. 2017. Dissertação (**Mestrado em Engenharia de Produção**) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2386/1/PG\\_PPGEP\\_M\\_Caillot%2C%20VaNessa%20Alueth\\_2017.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2386/1/PG_PPGEP_M_Caillot%2C%20VaNessa%20Alueth_2017.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2024.



CIBIOGÁS. CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Biogás no Brasil: história e perspectiva de futuro**. Disponível em: <<https://cibiogas.org/blog/biogas-no-brasil-historia-e-perspectiva-de-futuro/>>. Acesso em: 11 jul. 2024.

\_\_\_\_\_. **Panorama do Biogás no Brasil 2023**. Foz do Iguaçu: Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás, 2024. Disponível em: <<https://cibiogas.org/>>. Acesso em: 22 nov. 2024.

ETENE. ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE. Caderno Setorial ETENE: Agroindústria. Ano 8, n. 314, nov. 2023. Disponível em: <<https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2629>>. Acesso em: 20 set. 2024.

FERREIRA, M. E. **Avaliação do potencial de produção de biogás e energia a partir de resíduos agrícolas no Paraná**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26583>>. Acesso em: 14 set. 2024.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos**. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3106/BVE17069066p.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PEREIRA, M. S.; GODOY, T. P.; GODOY, L. P.; BUENO, W. P.; WEGNER, R. S. Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM. **Revista eletrônica em gestão, educação, e tecnologia ambiental**. Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez, 2015, p 239-247. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/331074648\\_Energias\\_renovaveis\\_biogas\\_e\\_energia\\_eletrica\\_provenientes\\_de\\_residuos\\_de\\_suinocultura\\_e\\_bovinocultura\\_na\\_UFSM](https://www.researchgate.net/publication/331074648_Energias_renovaveis_biogas_e_energia_eletrica_provenientes_de_residuos_de_suinocultura_e_bovinocultura_na_UFSM)>. Acesso em: 24 mai. 2024.

SILVA, J. P. Geração de biogás a partir da co digestão de resíduos agroindustriais. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015. Dissertação (**Mestrado em Engenharia de Processos e Tecnologias**). Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/handle/11338/979>>. Acesso em: 17 ago. 2024.

SIMIONI, T. Digestão anaeróbia de resíduos sólidos da indústria coureira, co digestão com resíduos agrícolas e utilização de digestato em cultivo agrícola. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 2021. Tese (**Doutorado em Engenharia Química**). Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/237452/001137947.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

TEPERINO, D. P. M.; LADEIRA N. M. A.; FERRAREZ, A. H.; GOMES, A. T.; POUBEL, H. S.; SILVA, E. S. Desenvolvimento de digestor anaeróbio didático e testes de produção de biogás com resíduos da bovinocultura e cafeicultura. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v. 8, n. 2,



p. 57-64, dez. 2017. ISSN 2236-0867. Disponível em: < <https://locus.ufv.br/items/960dbf5b-5503-47f6-ac52-00d56da06d32> > Acesso em: 28 out. 2024.