Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.04, 2025
ISSN 2178-6925

BIODIGESTORES: PRODUÇÃO DE BIOGÁS E SUA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

BIO-DIGESTORS: PRODUCTION OF BIOGAS AND ITS USE IN FAMILY FARMING

Dulce Maria Diniz Bezerra
Técnica em Sistemas de Energia Renovável pelo IFPB – Campus Esperança.
E-mail: dulce.diniz@academico.ifpb.br

Ellen Emanuele Souza Cândido
Técnica em Sistemas de Energia Renovável pelo IFPB – Campus Esperança.
E-mail: ellen.emanuele@academico.ifpb.edu.br

Aldeni Barbosa da Silva
Doutor em Agronomia (Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II).
Professor de Biologia do IFPB - Campus Esperança. E-mail:
aldeni.silva@ifpb.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9454-7450

Marcelo Máximo Purificação
Doutor em Ciências da Religião (Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC Goiás). Centro Universitário de Mineiros, UNIFIMES, Brasil. E-mail:
maximo@unifimes.edu.br.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4788-016X

Edmilson Dantas da Silva Filho
Doutor em Engenharia Agrícola (Universidade Federal de Campina Grande – UFCG - Campus I). Professor de Química do IFPB - Campus Campina Grande. E-mail: edmilson.silva@ifpb.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1981-7558

Avaetê de Lunetta e Rodrigues Guerra
Doutor em Educação (UNADES), Mestre em Filosofia (Universidade Federal da Paraíba – UFPB). E-mail: avaete.guerra@ifpb.eu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7834-4362

Resumo

Em tempos de crise energética, estudos de fontes alternativas de energia são imprescindíveis. O uso de biodigestores é capaz de trazer benefícios socioeconômicos e ambientais na agricultura familiar, como produção de biogás, melhoria da qualidade do solo, da água, redução da poluição,

crédito de carbono e geração de empregos. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo estudar a produção de biogás com o uso e biodigestores e avaliar a sua importância e utilização na Agricultura Familiar. A pesquisa, de caráter exploratório e qualitativo, utilizou revisão bibliográfica de artigos científicos, livros e bases de dados acadêmicas. O biogás pode ser produzido a partir de diferentes tipos de matérias primas pela digestão anaeróbica em um ambiente sem disponibilidade de oxigênio. No Brasil, o biogás é largamente utilizado na geração de eletricidade e biometano. A produção de biogás é essencial para garantir a segurança energética, principalmente em áreas rurais, onde se torna uma fonte confiável. A produção de biogás com o uso de dejetos de animais a partir da biodigestão anaeróbia é visto como uma solução viável para a maioria dos problemas enfrentados com destinação dos resíduos orgânicos no meio rural, pois têm a capacidade de transformar um material inutilizado em uma fonte de energia renovável e limpa. As iniciativas para geração de biogás no Brasil ainda andam a passos lentos em comparação ao panorama internacional. Contudo, sabe-se que o investimento nessa área pode resultar em reflexos significativos na matriz energética do país nos próximos anos.

Palavras-chave: Energia renovável, Energia Limpa, Metano, Poluição Atmosférica.

Abstract

In times of energy crisis, studies of alternative energy sources are essential. The use of biodigesters can bring socioeconomic and environmental benefits to family farming, such as biogas production, improvement of soil and water quality, reduction of pollution, carbon credits and job creation. Therefore, this work aimed to study the production of biogas with the use of biodigesters and evaluate its importance and use in Family Farming. The research, of exploratory and qualitative nature, used a bibliographic review of scientific articles, books and academic databases. Biogas can be produced from different types of raw materials by anaerobic digestion in an environment without oxygen availability. In Brazil, biogas is widely used in the generation of electricity and biomethane. Biogas production is essential to ensure energy security, especially in rural areas, where it becomes a reliable source. The production of biogas using animal waste from anaerobic biodigestion is seen as a viable solution to most of the problems faced with the disposal of organic waste in rural areas, as it has the capacity to transform an unusable material into a source of clean, renewable energy. Initiatives to generate biogas in Brazil are still progressing slowly compared to the international scenario. However, it is known that investment in this area can have significant repercussions on the country's energy matrix in the coming years.

Keywords: Renewable energy, Clean energy, Methane, Air pollution.

1. Introdução

Atualmente novas propostas de produção vêm sendo implementadas, formas mais sustentáveis e benéficas tanto para a natureza quanto para os seres humanos, para obtenção de energia. A bioenergia é uma alternativa com potencial de substituir parcialmente os combustíveis fósseis, apesar de não possuir a capacidade de solucionar totalmente o problema energético do mundo (GOLDEMBERG, 2016).

Em tempos de crise energética, estudos de fontes alternativas de energia são imprescindíveis. O biogás é uma energia renovável gerada a partir da

fermentação anaeróbica de matéria orgânica, que pode ser convertida em energia térmica e elétrica (BALDINELLI et al., 2017). Além de gerar energia, o biogás promove o saneamento rural, evitando a contaminação do solo e de aquíferos através do correto manejo dos dejetos dos animais de produção (AUBURGER et al., 2017; PRACIANO et al., 2020).

O biogás é constituído principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e outros constituintes minoritários, como sulfeto de hidrogênio (H_2S), nitrogênio (N_2), vapor de água (H_2O) e amônia (NH_3). O biogás é obtido pela digestão anaeróbia de efluentes industriais, dejetos de animais e/ou lodo de esgoto (ANGELIDAKI et al., 2018). O processo é realizado na ausência de oxigênio em equipamentos conhecidos como biodigestores. Possui vantagens como: (1) produção a partir de resíduos orgânicos disponíveis nas regiões; (2) produção próxima ao local de consumo, sem grandes investimentos na construção de gasodutos; e (3) solução a passivos ambientais que se tornam ativos energéticos (SOARES et al., 2022).

Os biodigestores são o coração da planta de biodigestão. É neles que as biomassas residuais ou cultivadas são convertidas pela ação dos microrganismos (e suas respectivas reações químicas e bioquímicas) em biogás e digestato (CHERNICARO, 2007; KUNZ et al., 2019). Existem diversos tipos de modelos de biodigestores utilizados em propriedades rurais, os quais são adaptados de acordo com as necessidades e especificações do produtor, sendo que, os principais e mais utilizados são: o indiano, o chinês, o batelada e o canadense.

A importância dos biodigestores no desenvolvimento sustentável é inegável. Eles são dispositivos usados no processo de tratamento da matéria orgânica, empregando resíduos de origem animal e/ou vegetal. Além disso, o uso de biodigestores ajuda a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, pois o biogás produzido pode ser utilizado como fonte de energia renovável (LINS, et al, 2022). O uso de biodigestores é capaz de trazer benefícios socioeconômicos e ambientais na agricultura familiar, como melhoria da qualidade do solo, da água, redução da poluição, crédito de carbono e geração de empregos (FERREIRA; SILVA, 2009).

A Agricultura Familiar continua sendo uma força vital na economia rural brasileira. De acordo com os dados mais recentes, ela representa 85% das

propriedades rurais e emprega 77% da força de trabalho no setor agrícola. Essas pequenas propriedades são responsáveis por produzir 60% dos alimentos que consumimos, contribuindo significativamente para o Valor Bruto da Produção Agropecuária nacional (CASTRO, 2024; SILVA et al., 2024).

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo estudar a produção de biogás com o uso e biodigestores e avaliar a sua importância e utilização na Agricultura Familiar.

2. Metodologia

Este trabalho teve como método de pesquisa o de natureza exploratória, utilizando-se de uma revisão bibliográfica qualitativa, que segundo Araújo e Borba (2004), este tipo de pesquisa deve ter por trás uma visão de conhecimento que esteja em sintonia com procedimentos descritivos.

Em relação ao tipo desta revisão bibliográfica, este estudo é classificado como explicativo, visto que têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2002).

Os dados desta revisão literária foram coletados através de referências bibliográficas baseadas em Livros, Artigos, Scopus, Scielo e trabalhos de conclusão de curso. Os trabalhos científicos foram pré-selecionados e os considerados mais relevantes foram armazenados para melhor leitura e compreensão. Seguiu-se as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para organizar as referências e citações.

3. Revisão da Literatura

3.1. Produção e utilização do Biogás

De acordo com a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás), o biogás pode ser definido como um gás bruto produzido naturalmente pela decomposição de resíduos e efluentes orgânicos. Na produção do biogás, o substrato, matéria orgânica, é decomposto por diferentes microrganismos em um ambiente anaeróbio,

resultando em uma mistura de gases, predominando o metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (DUARTE et al, 2022).

O biogás pode ser produzido a partir de diferentes tipos de matérias primas. Dentre elas destacam-se os resíduos alimentares, resíduos agrícolas, estrume animal, resíduos de aves, resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos florestais, microalgas e culturas energéticas (ZABED et al., 2020). Em linhas gerais, o processo de produção do biogás envolve três etapas: fermentação, acetogênese e metanogênese. Na primeira fase, há a conversão de matéria orgânica em células menores e sua posterior transformação em ácidos solúveis e outros compostos. Na segunda, esses produtos são convertidos em ácidos acéticos, hidrogênio e dióxido de carbono. Finalmente, na terceira fase, ocorre a formação do metano (MILANEZ et al., 2021).

Além de gerar energia com menor custo, a produção do biogás contribui para o saneamento rural, diminuindo a contaminação do meio ambiente e a propagação de doenças infecciosas pela disposição inadequada de dejetos. Outro benefício da produção de biogás é a produção de biofertilizantes para a produção de grãos e pastagens, o que torna a produção do biogás mais competitiva (ZUKOVSKI et al, 2023).

Estima-se que o Brasil pode produzir na atualidade 84,6 bilhões de Nm^3/ano, o maior potencial do mundo para a produção de biogás e, por consequência, de biometano. Todavia, o potencial brasileiro não é explorado. Apesar do crescimento de 779% na produção de biogás entre 2011 e 2020, a produção permanece em níveis próximos a 1,5% do potencial nacional (LEMOS et al., 2022). Por outro lado, a capacidade instalada de biogás para geração elétrica tem crescido substancialmente (FERNANDES; MARIANI, 2019).

Em uma revisão feita por Yadvika et al. (2004), revelaram que existe uma grande possibilidade de aumentar a produção de biogás em condições de campo. O uso de certos aditivos inorgânicos e orgânicos, parecem ser promissores para o aumento da produção de biogás. Entre os diferentes tipos de biomassa usadas como aditivos, alguns tem sido encontrado para aumentar a produção de muitos diferentes tipos de gás. No entanto, sua utilidade é limitada devido a variabilidade

sazonal de diferentes regiões (LA FARGE, 1995 apud OLIVEIRA; HIGARACHI, 2006).

O Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBIOGÁS) disponibiliza uma ferramenta de localização das unidades de produção de biogás cadastradas, conforme parte do Cadastro Nacional do Biogás. O levantamento dos dados ocorreu ao longo do ano de 2015, por meio, principalmente, de contatos com os responsáveis pela unidade de produção. No entanto, o mapa apresenta valores aproximados e tem como objetivo traçar uma visão geral do setor de biogás do Brasil, e não devem ser aplicados na elaboração de projetos técnicos, análises econômicas ou planejamentos detalhados (CIBIOGÁS, 2018 apud MACHADO 2019).

A produção de biogás vem avançando em diversos aspectos, sendo responsável pela redução da emissão de metano orgânico e CO_2 na atmosfera, podendo ser utilizado na geração de eletricidade e como combustível para veículos, em substituição ao diesel. A biomassa de origem orgânica tem o benefício de gerar energia renovável, em forma de calor e eletricidade, reduzindo o impacto ambiental devido ao seu descarte. No entanto, alguns estudiosos têm afirmado que faltam políticas viabilizando a entrada de tecnologias usadas nas estações de beneficiamento do biogás no Brasil (VIEIRA; POLLI, 2020).

São claras as vantagens da produção de energia elétrica a partir de biogás, entre elas: geração descentralizada e próxima aos pontos de carga, a partir de uma fonte renovável que vem sendo tratada como resíduo; possibilidade de receita extra, proveniente da energia gerada com biogás e vendida às concessionárias; redução na quantidade de eletricidade comprada da concessionária; possibilidade de uso de processos de cogeração; redução das emissões de metano para a atmosfera, pois este também é um importante gás de efeito estufa; créditos de carbono; redução de odores etc. Por outro lado, existem alguns desafios a serem vencidos que impedem a ampla utilização do biogás, como: não disponibilidade de tecnologias nacionais de geração; limpeza do biogás; viabilidade econômica; falta de fiscalização; e penalidades por possíveis danos ambientais (SALOMON; LORA, 2005).

3.2. Digestão Anaeróbica

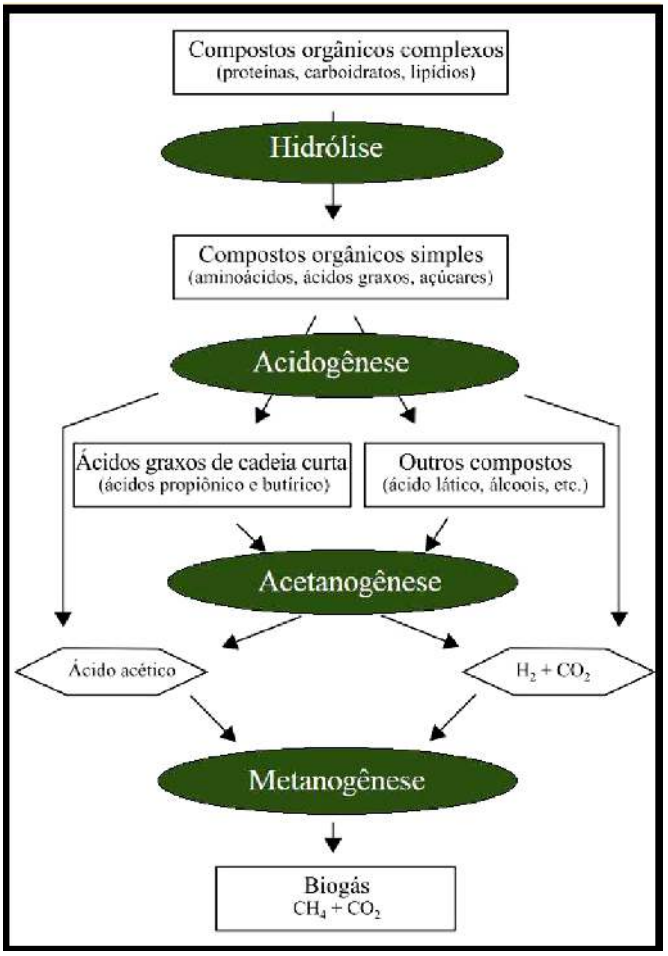
Digestão anaeróbia (DA) é o nome dado ao complexo processo bioquímico de transformação e degradação da matéria orgânica (MO), em um ambiente sem disponibilidade de oxigênio (anaeróbio), sob a presença de uma comunidade microbiana especializada, semelhante àquele microbioma ativo no rúmen de bovinos. É um fenômeno natural que pode ser aproveitado como uma fonte geradora de energia renovável, por meio do uso de um biodigestor (AZEVEDO, 2021).

Nesse processo, os dejetos carregados no biodigestor passam por um processo de fermentação anaeróbico, que consiste na conversão energética dos rejeitos em biomassa. É neste ambiente do tanque de fermentação que os microrganismos anaeróbios produzem energia, biogás e biofertilizante por conversão energética da biomassa (XAVIER; JÚNIOR, 2010).

A Digestão Anaeróbica, apesar de ser eficiente, tem seu equilíbrio perturbado por vários fatores, entre eles: grandes variações de temperatura, altas cargas orgânicas, baixa disponibilidade de nutrientes, perturbação no pH e alcalinidade do meio, entre outros. O processo de partida de um tratamento de resíduos orgânicos pode apresentar baixa eficiência devido ao tempo de adaptação dos microrganismos, o que requer um maior cuidado técnico nesta fase. A escolha do inóculo influencia tanto a rapidez que se dará o desempenho do processo anaeróbio, tanto a máxima remoção de matéria orgânica em todo o processo (KHALID et al., 2011). Outro fator limitante do processo, é a concentração de sólidos voláteis e sua capacidade de mineralização da matéria orgânica em função do tempo de retenção hidráulica (AMARAL et al, 2014).

O processo de Digestão Anaeróbica ocorre por meio de quatro etapas diferentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (Figura 6) (CREMONEZ et al., 2013).

Figura 6 – Etapas do processo de biodigestão anaeróbica.



Fonte: PROBIOGÁS, 2010.

Hidrólise

A etapa da hidrólise degrada compostos de alta massa molecular como os lipídios, polissacarídeos e proteínas em substâncias orgânicas mais simples (monômeros) e solúveis. Esse processo ocorre pela ação de enzimas extracelulares excretadas pelas bactérias hidrolíticas. A importância da etapa de hidrólise na velocidade de degradação é dependente da característica do substrato envolvido. Quando a matéria orgânica presente é complexa e de difícil degradação, a hidrólise tem grande importância na velocidade global de degradação, podendo ser considerada como etapa limitante da velocidade da digestão anaeróbia. O tempo de duração da etapa de hidrólise varia de acordo com as características do substrato, sendo de poucas horas para carboidratos e alguns dias para proteínas e

lipídios. Lignocelulose e lignina são hidrolisadas mais lentamente, muitas vezes de maneira incompleta (AMARAL et al., 2019).

Acidogênese

Na acidogênese as substâncias resultantes da hidrólise são transformadas por bactérias acidogênicas em ácido propanóico, ácido butanóico, ácido láctico e álcoois, assim como hidrogênio e gás carbônico. A formação de produtos nesta fase também depende da quantidade de hidrogênio dissolvido na mistura. Quando a concentração de hidrogênio é muito alta, esta interfere negativamente na eficiência da acidogênese, o que causa o acúmulo de ácidos orgânicos. Com isso, o pH da mistura é reduzido e o processo é afetado (MACHADO, 2023).

Acetogênese

A terceira etapa da digestão anaeróbia é considerada crítica ao processo, sendo conduzida por um grupo de bactérias denominadas acetogênicas. As reações acetogênicas são endotérmicas (Tabela 1), por exemplo, a degradação do ácido propiônico a acetato e dióxido de carbono apresenta $\Delta G = + 74$ kJ.mol^{-1}. As bactérias acetogênicas estabelecem relação de sintrofia com as arqueas metanogênicas e as bactérias homoacetogênicas. Nessa etapa os ácidos de cadeia longa são transformados em ácidos com apenas um ou dois átomos de carbono (fórmico e acético), com a concomitante produção de hidrogênio e dióxido de carbono. As bactérias homoacetogênicas regem o equilíbrio da direção da reação de consumo de hidrogênio e gás carbônico para produção de acetado (Equação 1). Para que a formação de ácidos de cadeia curta seja termodinamicamente favorável, esta deve ocorrer associada ao consumo de hidrogênio gasoso pelas arqueas metanogênicas. A sintrofia entre organismos dos grupos microbianos distintos possibilita que ambos apresentem crescimento, assegurando a viabilidade de produção de acetato a partir de ácidos orgânicos (AMARAL et al., 2019).

Tabela 1. Reações acetogênicas. Decomposição a elementos de baixo peso molecular.

Nome	Ácido conjugado	Reação química/composto químico	ΔG (kJ.mol^{-1})
Dióxido de carbono/ hidrogênio		$2CO_2 + 4H_2 \rightleftharpoons CH_3COOH + 2H_2O$	-104,6
Formiato	Ácido fórmico	HCOOH	
Acetato	Ácido acético	CH_3COOH	
Propionato	Ácido propiônico	$CH_3(CH_2)COOH + 2H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$	+76,1
Butirato	Ácido butírico	$CH_3(CH_2)_2COOH + 2H_2O \rightleftharpoons 2CH_3COOH + 2H_2$	+48,1
Lactato	Ácido lático	$CH_3CHOHCOOH + 2H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + HCO_3 + H^+ + 2H_2$	-4,2
	Etanol	$CH_3(CH_2)OH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + 2H_2$	+9,6

Fonte: Adaptado de Deublein e Steinhauser (2011); Chernicharro (2007).

$$2CO_2 + 4H_2 \rightleftharpoons CH_3COOOH + 2H_2O \qquad \textit{Equação 1}$$

Metanogênese

A fase final do processo anaeróbio, é a mais sensível a mudanças no meio, e depende do equilíbrio das fases anteriores. Sob condições anaeróbias estritas, as bactérias metanogênicas produzem metano e dióxido de carbono a partir de produtos intermediários das fases anteriores (ADEKUNLE; OKOLIE, 2015 e STRAZZERA et al., 2018).

3.3. O Biogás no Brasil

No Brasil, o biogás é largamente utilizado na geração de eletricidade e biometano, sendo este último substituindo o gás natural em diversas aplicações. A produção de biogás é essencial para garantir a segurança energética, principalmente em áreas rurais, onde se torna uma fonte confiável. As principais

fontes de biogás no país são aterros sanitários (51%), a indústria alimentícia e de bebidas (25%), a suinocultura (14%) e o lodo de esgoto (6%), segundo dados de 2015 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Em menor escala, o biogás também é produzido a partir de resíduos de restaurantes, grama (como em Itaipu), resíduos da pecuária bovina e avícola, e efluentes sanitários. Quase toda a produção de biogás no Brasil é direcionada à geração de energia elétrica ou térmica (MILANEZ et al., 2018).

O uso energético do biogás no Brasil ocorre há pelo menos 40 anos. Em 2020, a produção de biogás no Brasil, com aplicação energética (geração de energias elétrica e térmica, gás natural renovável/biometano e energia mecânica), foi de 1,83 bilhão de Nm^3, correspondendo a cerca de 2% do potencial do país, que foi de 82,58 bilhões de Nm^3. Isso indica um potencial significativo para o crescimento do uso do biogás nessa área (LINS et al., 2022).

Segundo os mesmos autores, a utilização energética de resíduos apresenta inúmeros benefícios, sendo o mais importante a promoção de uma energia mais acessível, confiável e sustentável, alinhada aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Adicionalmente, a troca de fontes de energia fósseis por renováveis contribui para a diminuição da poluição ambiental. Nesse cenário, a produção e o uso do biogás como fonte energética renovável destacam-se como uma alternativa cada vez mais desenvolvida e viável.

3.4. Uso do Biodigestor na Agricultura Familiar

O biodigestor é usado em propriedades da agricultura familiar, principalmente em substituição ao gás GLP com a utilização do biogás para cozinhar. Em algumas pequenas propriedades, a lenha é utilizada no cozimento dos alimentos (Smith et al., 2014 apud Carvalho et al., 2017), gerando o aumento dos índices de desmatamento, sobretudo na parcela de terra dos próprios agricultores, além da danificação da habitação rural e dos materiais que têm contato direto com a queima da madeira, gerando prejuízos econômicos de médio à longo prazo (BARROS et al., 2020).

Os pequenos produtores rurais são muito vulneráveis aos efeitos negativos das mudanças climáticas. Além de alterar drasticamente as condições de produção, os atingem também economicamente, através das flutuações cambiais, aumentando os preços dos combustíveis e dos insumos agrícolas. Diante disso, é preciso fortalecer os seus sistemas de produção, tornando-os mais independentes de recursos externos (AZEVEDO, 2021). Nesse sentido, as tecnologias sociais apresentam-se como alternativa de agregação de valor para a agricultura familiar, considerando seu contexto e diversidade frente à economia de grande escala. Elas são criações práticas e de baixo custo, desenvolvidas a partir de modelos de inovações advindas do setor industrial, entretanto apresentam como diferencial, serem projetos de baixo de custo, construídas a partir do potencial existente em cada localidade e voltadas principalmente para o uso sustentável (CARVALHO et al., 2017). Nesse sentido, a construção de biodigestores artesanais tem sido uma das principais alternativas para garantir a independência e melhoria da qualidade de vida das famílias agricultoras, visando a mitigação dos impactos prejudiciais da prática da queima da lenha e do carvão na vida das pessoas que vivem no campo (BARROS et al., 2020).

Partindo do atual contexto de degradação do meio ambiente, propõe-se a utilização do biogás obtido através da tecnologia dos biodigestores, como uma alternativa que pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do meio rural, promovendo saneamento rural, minimizando a poluição, conservando os recursos hídricos, reduzindo a emissão de gases promotores do efeito estufa, etc. (SOARES et al., 2018). O biodigestor favorece o desenvolvimento local, é um equipamento de fácil manejo, eficaz no tratamento dos dejetos, contribuindo de forma direta com o produtor e o meio ambiente (SILVA et al., 2018).

A questão ambiental não pode ser menosprezada no sistema de agricultura familiar, pois a água é considerada um patrimônio da natureza e uma riqueza do país, e sua conservação é de responsabilidade de todos. O sistema de biodigestor agrega valor não só pelo fertilizante produzido a partir de dejetos, resíduos e esgoto, como também evita a contaminação do solo e das águas de superfície e de profundidade. Os benefícios sociais e ambientais são traduzidos pela redução na derrubada de árvores para queima, melhorando a qualidade de água dos

mananciais e também na universalização do acesso ao saneamento básico para prevenção de doenças, em áreas rurais. Além disso, a geração de energia por meio da produção de biogás representa uma economia para o pequeno agricultor. O emprego de biodigestores transforma os refugos de uma propriedade em bens de valor econômico, fonte de energia e melhora a fertilidade de solos pobres, sem o uso de produtos químicos ou a evasão de recursos financeiros na aquisição de adubos comerciais (GAMA et al., 2017).

A produção de biogás com o uso de dejetos de animais a partir da biodigestão anaeróbia é visto como uma solução viável para a maioria dos problemas enfrentados com destinação dos resíduos orgânicos no meio rural, pois têm a capacidade de transformar um material inutilizado e incômodo, como os dejetos animais, em uma fonte de energia renovável e limpa (SILVA et al., 2015 apud SANTOS et al., 2017). Além disso, o uso de biodigestores em propriedades agrícolas contribui para a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa, tais como: dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4).

A tecnologia dos biodigestores vem como uma alternativa simplificada, podendo contribuir para a sustentabilidade da atividade da pecuária. A sustentabilidade ambiental pode ser alcançada através da promoção do saneamento rural, prevenindo a poluição do ar e conservando os recursos hídricos, os quais são finitos, vulneráveis e essenciais para a manutenção da vida em nosso planeta. A sustentabilidade energética é possibilitada através do uso do biogás, que permite substituir combustíveis fósseis, além de possibilitar a agregação de valor aos produtos agrícolas, com a ajuda de equipamentos movidos à biogás (RANZI; ANDRADE, 2004).

3.5. Perspectivas Futuras

O Brasil está passando por uma transição energética significativa, com um foco crescente em fontes renováveis, destacando-se o Programa de Aceleração da Transição Energética (PATEN), que incentiva a substituição de matrizes energéticas poluentes por fontes renováveis. Há uma rápida adoção de novas tecnologias, como energia solar e eólica, que não só ajudam a reduzir a

dependência de combustíveis fósseis, mas também promovem a sustentabilidade (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2024).

Conforme enfatizou o Atlas de Eficiência Energética do Brasil 2023, há uma importância de melhorar a eficiência energética em diversos setores, incluindo residencial e comercial, através de práticas e tecnologias que reduzem o consumo de energia sem comprometer o desempenho. O governo brasileiro está implementando políticas públicas, como o Fundo Verde, para incentivar projetos ambientais e de eficiência energética.

A matriz energética brasileira deve se tornar mais limpa até 2040, quando a expectativa é de que os combustíveis não fósseis respondam por quase metade do mix de energia do País, segundo perspectivas já divulgadas. A previsão é de que juntas as fontes renováveis, incluindo as hidrelétricas, e a nuclear respondam por 48% do consumo total, antes dos 43% observados em 2017. Adicionalmente, também o consumo de energia a partir do gás natural, fonte fóssil, mas menos poluente, deve crescer, passando dos atuais 11% para 15% da matriz (GRUBERT; OLIVEIRA, 2019).

Isoladamente, a participação das fontes renováveis incluindo biocombustíveis, mas não considerando as usinas hidrelétricas deve passar de 14% para 23%, beneficiada pelo forte crescimento que vem sendo observado no País das usinas eólicas e fotovoltaicas de grande porte e de micro ou minigeração (GRUBERT; OLIVEIRA, 2019).

Porém, o aproveitamento do biogás ainda é incipiente no Brasil. Considerando a elevada concentração da população brasileira em grandes centros urbanos e a expressiva produção agropecuária e agroindustrial (e, portanto, de resíduos e efluentes domésticos, agropecuários e agroindustriais), é natural acreditar que o atual aproveitamento do biogás no Brasil encontra-se aquém do seu potencial. Apesar dos progressos alcançados, persistem desafios relevantes, tais como a necessidade de mais investimentos em infraestrutura e a resistência a mudanças. No entanto, essas dificuldades também se traduzem em oportunidades para a inovação e o crescimento no setor energético (KARLSSON et al., 2014).

As iniciativas para geração de biogás no Brasil ainda andam a passos lentos em comparação ao panorama internacional. Contudo, sabe-se que o investimento

nessa área pode resultar em reflexos significativos na matriz energética do país. O Brasil, mesmo sendo um dos líderes em produção de energias a partir de biomassa, enfrenta problemas para inserir o biogás como fonte renovável de energia no quadro nacional, pois os subsídios por parte do governo e o investimento das políticas públicas são pouco estimulados.

4. Considerações Finais

A digestão anaeróbica dos resíduos orgânicos em biodigestores é uma alternativa sustentável, que traz diferentes vantagens para a agricultura familiar e ainda contribui para a mitigação das mudanças climáticas. Desta maneira, não apenas o proprietário rural se beneficia do uso dos biodigestores, uma vez que ele evita a contaminação do solo e da água e evita a lançamento de Gases de Efeito Estufa (GEE).

O biogás é uma fonte de energia renovável e plenamente acessível ao produtor rural, porque resulta das próprias atividades produtivas, podendo substituir as fontes geradas externas à propriedade. Os produtores rurais podem ser tornar geradores de energias renováveis, utilizada em seus próprios processos produtivos, e ao mesmo tempo, colaborar na mitigação da emissão de GEE.

O biodigestado é um produto que muito tem a contribuir para os meios produtivos na Agricultura Familiar, gerando economia ao produtor e trazendo resultados no aumento da produção devido sua capacidade de uso como adubo. A geração e o aproveitamento de biogás e dos adubos gerados no processo de digestão anaeróbica a partir de resíduos já têm um papel muito importante e crescente para combater os efeitos das mudanças climáticas, diminuir desigualdades sócias e levar para uma produção e um desenvolvimento sustentável em todas as escalas do pequeno produtor familiar.

As iniciativas para geração de biogás no Brasil ainda andam a passos lentos em comparação ao panorama internacional. Contudo, sabe-se que o investimento nessa área pode resultar em reflexos significativos na matriz energética do país nos próximos anos.

Referências

ADEKUNLE, K. F.; OKOLIE, J. A. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion. **Advances in Bioscience And Biotechnology**, v. 06, n. 03, p.205-212, 2015. Scientific Research Publishing, Inc, http://dx.doi.org/10.4236/abb.2015.63020.

AMARAL, A. C.; KUNZ, A.; STEINMETZ, F. C.; SCUSSIATO, L. A.; JUSTI, K. C. Swine Effluent Treatment Using Anaerobic Digestion at Different Loading Rates. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 3, p.567-576, 2014.

AMARAL, A. C.; STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A. **O Processo da Digestão**. Capítulo I, p. 13-26, 2019. In: KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 209 p., 2019.

ANGELIDAKI, I.; TREUA, L.; TSAPEKOSA, P.; LUOC, G.; CAMPANARO S.; WENZEL, H.; KOUGIASA, P. G. Biogas upgrading and utilization: current status and perspectives. **Biotechnology Advances**, v. 36, n. 2, p. 452-466, 2018.

ATLAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO BRASIL. 2023. **Relatório de Indicadores.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-788/Atlas_Brasil_2023_PT_rev_set2024.pdf. Acesso em: 05 dez. 2024.

AUBURGER, S; PETIG, E.; BAHRS, E. Assessment of grassland as biogas feedstock in terms of production costs and greenhouse gas emissions in exemplary federal states of Germany. **Biomass And Bioenergy**, v. 101, p. 44-52, jun. 2017.

AZEVEDO, H. L. S. **Biodigestores Anaeróbios Como Alternativa Tecnológica Para Produtores e Cooperativas Rurais**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Dissertação (Mestrado). 77 p., 2021.

BALDINELLI, A.; BARELLI, L.; BIDINI, G. Upgrading versus reforming: an energy and exergy analysis of two solid oxide fuel cell-based systems for aconvenient biogas-to-electricity conversion.: an energy and exergy analysis of two Solid Oxide

Fuel Cell-based systems for a convenient biogas-to-electricity conversion. **Energy Conversion And Management**, v. 138, p. 360-374, 2017.

BARROS, G. C.; FARIAS JÚNIOR, M.; SANTOS, M. N. F.; NASCIMENTO, F. C.; PASCOAL, C. D.; DUARTE, M. D. S. Biogás e agricultura familiar no nordeste brasileiro: a experiência da ONG CETRA apoiada pela cooperação internacional no semiárido cearense. **Revista RedBiolac,** 4ª Edição, p. 39-43, 2020.

CARVALHO, E. S.; SALZER, E.; NESKE, D. A. L.; FERREIRA, T. A. Relato Técnico: O uso de biodigestor em pequenas propriedades da agricultura familiar no município de Marechal Cândido Rondon - PR. **Anais do VI SINGEP** – São Paulo – SP – Brasil – 13 e 14/11/2017. 10 p., 2017. Disponível em: https://singep.org.br/6singep/resultado/555.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

CASTRO, C, N. **Agricultura familiar no Brasil, na América Latina e no Caribe: institucionalidade, características e desafios**. 2024.

CHERNICHARO, C. A. L. **Anaerobic Reactors**. IWA Publishing, 2007.

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D. C.; CAMARGO, M. P.; NADALETI, W. C.; ROSSI, E.; ANTONELLI, J. BIODIGESTÃO ANAERÓBIA NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 2, p. 21-35, 2013.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources: an introduction**. Wiley-VCH, 2011.

FERNANDES, G.; MARIANI, L. O Alto Potencial de Produção e Uso fará do Biogás a Próxima Fronteira da Energia Renovável no Brasil? **Boletim Energético,** FGV Energia, p. 12-18, março, 2019.

FERREIRA, J. C. B.; SILVA, J. N. **Biodigestor: aplicações e potencialidades. Um estudo de caso do IFMG campus Bambuí**. II Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG campus Bambuí e II Jornada Científica, v. 19, 2009.

GAMA, M. A. A.; LIMA, D. T.; AQUINO, S. **Biodigestores em pequenas propriedades rurais de Minas Gerais: Desafios para a implantação na agricultura familiar. Anais do VI SINGEP** – São Paulo – SP – Brasil – 13 e

14/11/2017. 17 p., 2017. Disponível em: https://singep.org.br/7singep/resultado/27.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. EDITORA ATLAS S.A. 4ª ed. São Paulo. 2002.

GOLDEMBERG, J. A política ditará o futuro das Energias Renováveis. **Revista da ESPM**, v. 22, n. 2, p. 86-91, 2016.

GRUBERT, S. S.; OLIVEIRA, V. A. **Revista Jurídica Direito, Sociedade e Justiça/RJDSJ,** v. 6, n. 8, p. 53-68, 2019.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIER, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual Básico do Biogás.** 1ª Edição. Editora Univates, Lajeado, 70 p., 2014.

KHALID, A.; ARSHAD, M.; ANJUM, M.; MAHMOOD, T.; DAWSONC, L. A Digestão Anaeróbica de Resíduos Orgânicos Sólidos. **Gestão de Resíduos**, v. 31, n. 8, p. 1737-1744, 2011.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. do. (ed.). **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera; Embrapa Suínos e Aves, 2019.

LINS, L. P.; FURTADO, A. C.; MITO, J. Y. L.; PADILHA, J. C. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, out./dez. 2022.

MACHADO, A. R. **Potencialidades e Desafios da Utilização do Biogás para Transporte e Geração de Energia**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria. 69 p., 2019.

MACHADO, G. B. **Biodigestão Anaeróbia**. Portal do Biogás. 2023. Disponível em: https://portaldobiogas.com/biodigestao-anaerobia/. Acesso em: 01/10/24.

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; SOUZA, J. A. P.; LEMOS, M. L. F. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. **Biogás |**

BNDES Setorial N. 47, p. 221-276, 2018. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15384/1/BS47_Biogas_FECHADO.pdf

MILANEZ, A. Y.; MAIA, G. B. S.; GUIMARÃES, D. D. Biogás: Evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. **BNDES Set**., Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 177-216, mar. 2021.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2024. **Projeto que regula a transição energética no Brasil é aprovado.** Disponível em: https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/politica-economia/389905-projeto-que-regula-a-transicao-energetica-no-brasil-e-aprovado.html. Acesso em: 05 dez. 2024.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. Geração e Utilização de biogás em Unidades de produção de suínos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, **Documentos 115,** 1ª Edição, 42 p., 2006.

PRACIANO, A. C.; ALBIERO, D.; POSSUELO, O. M.; SANTOS, L. F. A.; MONTEIRO, L. A. Contribuição de Biodigestores para a Agricultura Familiar. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 35, n. 1, p. 95-106, janeiro-março, 2020.

PROBIOGÁS. **Guia Prático do Biogás - Geração e Utilização**. Governo Federal Do Brasil, v. 5, p. 20–30, 2010.

RANZI, T. J. D.; ANDRADE, M. A. N. Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento do biofertilizante e do biogás. **An. 5. Encontro de Energia no Meio Rural,** 12 p., 2004.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

SANTOS, S. J.; SANTOS, E. L.; SANTOS, E. L.; BARBOSA, J. H.; PEREIRA JÚNIOR, D. A.; PONTES, E. C.; OLIVEIRA, W. D. S.; SANTANA FILHO, E. Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar. **PUVET,** v. 11, n. 3, p. 290-297, 2017.

SILVA, M. J.; NUNES, R. P.; SILVA, B. M.; SANTOS, L. M. L.; LIMA, C. M. D. Extensão Rural e tecnologia sustentável: utilização de biodigestor na agricultura familiar. **DIVERSITAS JOURNAL**, v.3, n. 3, p.867-876, set./dez. 2018.

SILVA, L. O.; PORTO, P. P.; SILVA, M. A. A. Fortalecimento da agricultura familiar através da implementação de biodigestores caseiros: uma abordagem sustentável e tecnológica para o manejo de resíduos orgânicos. **REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO**, Curitiba, v.21, n.13, p. 01-20. 2024.

SOARES, C. M. T.; FEIDEN, A.; PLEIN, C.; PASTÓRIO; I. T. Uso do biogás no meio rural como um fator de desenvolvimento rural sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 6, p. 3298-3317, 2018.

SOARES, I. P.; SCHULTZ, E. L.; GAMBETTA, R.; GONÇALVES, S. B. **Biogás e suas contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Documentos 49, Embrapa Agroenergia. Brasília-DF, 31 p., 2022.

STRAZZERA, G.; FEDERICO, B.; GARCIA, N. H.; BOLZONELLA, N. F. D. Volatile fatty acids production from food wastes for biorefinery platforms: A review. **Journal Of Environmental Management**, v. 226, p.278-288, nov. 2018. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.039.

VIEIRA, H. G.; POLLI, H. Q. O biogás como fonte alternativa de energia. **Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020.

XAVIER, C. A. N, JÚNIOR, J. L. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Revista Engenheira Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 212-223, mar./abr. 2010.

YADVIKA, S.; SREEKRISHNAN, T. R.; KOHLI, S.; RANA, V. Melhoria da produção de biogás a partir de substratos sólidos usando diferentes técnicas - uma revisão. **Bioresour Technol**., v. 95, n. 1, p. 1-10, 2004.

ZABED, H. M.; AKTER, S.; YUN, J.; ZHANG, G.; ZHANG, Y.; QI, X. Biogas from microalgae: Technologies, challenges and opportunities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 117, p. 109503, 2020.

ZUKOVISC, L.; RIGHI, E.; DRAWANS, B. B. **Análise Bibliográfica da Produção de Biogás.** 16p. 2024. Disponível em: https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/3460/_biogaas.pdf?sequence=-1. Acesso em: 15/10/24.