

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
Campus Urutaí**

Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

**MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO
CUSTO**

GILSON DOS REIS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Urutaí, Abril de 2026



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação
Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha
Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação
Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

**Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do
Cerrado**

Coordenadora

Profa. Dra. Débora Astoni Moreira

Urutaí, Maio de 2026

GILSON DOS REIS SANTOS

**MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO
CUSTO**

Orientador

Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano
– Campus Urutaí, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado para obtenção do título
de Mestre.

**URUTAÍ - GO
2026**

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN XX-XXX-XXX

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

Santos, Gilson dos Reis
S237m **MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR DE
BAIXO CUSTO / Gilson dos Reis Santos. Urutaí 2026.**

73f. il.

Orientador: Prof. Me. José Antonio Rodrigues de Souza.
Dissertação (Mestre) - Instituto Federal Goiano, curso de
0133094 - Mestrado Profissional em Conservação de Recursos
Naturais do Cerrado (Campus Urutaí).

1. Biogás. 2. Energia renovável. 3. Gestão de resíduos. 4.
Inovação social. 5. Sustentabilidade. I. Título.

FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	Manual para construção de biodigestor de baixo custo
Orientador(a):	Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza
Coorientador(a):	
Autor(a):	Gilson dos Reis Santos

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 30 de abril de 2026, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a se

Um passo e não estamos no mesmo lugar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde, sabedoria e perseverança concedidas ao longo desta jornada, que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, pela orientação, apoio e confiança depositada durante todo o desenvolvimento desta pesquisa, contribuindo de forma essencial para a sua realização.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo, troca de experiências e incentivo mútuo, que tornaram essa caminhada mais leve e enriquecedora.

À minha família, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo em todos os momentos, sendo base fundamental para que eu pudesse seguir até aqui.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. APRESENTAÇÃO	13
2. INTRODUÇÃO	14
3. O PRODUTO.....	15
3.1. Desenvolvimento do produto.....	15
3.2. Biodigestores	16
3.3. Biodigestor batelada	17
3.4. Biogás	19
3.5. Biofertilizante	22
3.6. Transformações Físico-Químicas no Processo.....	25
3.7. Potencial Agrônômico e Sustentabilidade	25
4. METODOLOGIA	26
4.1. Local da Pesquisa	27
4.2. Lista de materiais	28
4.3. Montagem do reator do biodigestor.....	29
4.4. Montagem do filtro de gás sulfídrico.....	32
4.5. Filtro de dióxido de carbono.....	33
4.6. Sistema de Armazenamento e Utilização do Biogás	35
5. PERSPECTIVA E RELEVÂNCIA DO PRODUTO	40
5.1. Aderência.....	40
5.2. Impacto	40
5.3. Aplicabilidade.....	40
5.4. Inovação.....	41
REFERÊNCIA	42
APÊNDICE	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CE – Condutividade Elétrica

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de Carbono

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

H₂ – Hidrogênio

H₂O – Água

H₂S – Sulfeto de Hidrogênio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IF Goiano – Instituto Federal Goiano

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LAPAQ – Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas

N – Nitrogênio

NH₄⁺ – Nitrogênio Amoniaco

N₂ – Nitrogênio Gasoso

O₂ – Oxigênio

P – Fósforo

PH – Ponto Hidrogenado

K – Potássio

PPG-CRENAC – Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

PVC – Policloreto de Vinila

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema geral de funcionamento de um biodigestor anaeróbio com estágio único	16
Figura 2 - Etapas microbiológicas da digestão anaeróbia	17
Figura 3 - Representação esquemática de um biodigestor em regime batelada	18
Figura 4 - Curva típica de produção de biogás em sistema batelada.....	19
Figura 5 - Composição típica do biogás	20
Figura 6 - Processo de produção do biogás em biodigestores.....	21
Figura 7 - Conversão da matéria orgânica em biogás e biofertilizante	23
Figura 8 - Bombona plástica utilizada como reator anaeróbio.....	30
Figura 9 - Apresentação do sistema de alimentação instalado no biodigestor	31
Figura 10 - orifício para saída do biofertilizante e flange com a curva conectada.....	31
Figura 11 - detalhe da conexão lateral do biodigestor.....	32
Figura 12 - Sistema de filtros para de gás sulfídrico	33
Figura 13 - filtro de gás sulfídrico	34
Figura 14 - apresenta o sistema de armazenamento utilizando câmaras de ar, destacando o nível de enchimento e sua integração com o sistema.	35
Figura 15 - Processo de abastecimento	36
Figura 16 - Pesagem do biogás armazenado	38
Figura 17 - Utilização do biogás em fogão adaptado	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais	21
Tabela 2 - Equivalência energética de 1 m ³ de biogás	22
Tabela 3 - Proporção entre resíduos orgânicos e água para produção de biofertilizante	24
Tabela 4 - Atributos físico-químicos médios do biofertilizante a partir de dejetos bovinos....	24
Tabela 5 - Relação de materiais utilizados e custo de aquisição dos materiais.....	28

RESUMO

A elaboração do “Manual para Construção de um Biodigestor de Baixo Custo” justificou-se pela crescente necessidade de tecnologias acessíveis que contribuam para o manejo adequado de resíduos orgânicos e para a redução dos impactos ambientais associados à sua disposição inadequada. O aproveitamento energético de resíduos por meio da produção de biogás ainda apresenta limitações quanto à sua disseminação em comunidades rurais e pequenos núcleos produtivos, apesar de seu potencial para reduzir emissões de gases de efeito estufa e promover economia doméstica. Nesse contexto, o manual apresenta uma solução simples, replicável e financeiramente viável, construída a partir de materiais reutilizáveis e de fácil aquisição. O manual descreve, de forma detalhada e sequencial, todas as etapas necessárias para a montagem, operação e manutenção de um biodigestor funcional, utilizando recipientes plásticos com capacidade volumétrica de 200 litros (bombonas), câmaras de ar para pneus, tubulações e conexões em PVC, mangueiras e outros insumos acessíveis. O manual de instruções inclui orientações técnicas, recomendações de segurança, esquemas construtivos e diretrizes para o uso do biogás e do biofertilizante resultante do processo. O público-alvo abrange comunidades rurais, agricultores familiares, estudantes, extensionistas, educadores ambientais e interessados em tecnologias sustentáveis e energias renováveis. O conteúdo do manual favorece a autonomia dos usuários na construção do sistema, incentivando práticas sustentáveis e o reaproveitamento de resíduos. Os avanços técnico-científicos associados ao produto incluem a sistematização de um modelo operacional simplificado e adaptado à realidade socioeconômica do Cerrado, fortalecendo a educação ambiental, a inovação social e a difusão de tecnologias limpas. Espera-se que o manual gere impactos positivos ao promover inclusão social, reduzir custos energéticos, melhorar o manejo de resíduos orgânicos e contribuir para a mitigação de impactos ambientais locais e regionais.

Palavras-chave: Biogás; Energia renovável; Gestão de resíduos; Inovação social; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The *Manual/Protocol for the Construction of a Low-Cost Biodigester* was developed in response to the growing need for accessible and sustainable technological solutions for the proper management of organic waste and the reduction of environmental impacts. Although biogas production is an efficient alternative for energy generation and waste treatment, its use remains limited in rural communities and small agricultural settings. The proposed manual aims to overcome this gap by offering a simple, low-cost, and replicable model that can be adopted in different social and geographic contexts. The protocol presents detailed and sequential instructions for assembling, operating, and maintaining a functional biodigester built with easily obtainable and reusable materials, such as 200-liter plastic drums, air chambers to tires, PVC pipes, and hoses. It includes technical guidelines, safety recommendations, construction diagrams, monitoring instructions, and orientations for the use of both the biogas produced and the digestate, which serves as an efficient biofertilizer. The target audience includes rural communities, family farmers, students, environmental educators, extension agents, and individuals interested in renewable energy and sustainable technologies. The manual empowers users to construct and apply the system independently, promoting environmental awareness, circular economy practices, and the reduction of waste disposal impacts. The technical-scientific advances associated with this product include the systematization of a low-cost model adapted to the socioeconomic realities of the Cerrado, the dissemination of knowledge on biogas, and the strengthening of sustainable development initiatives. The expected impacts involve promoting social inclusion, reducing energy costs, improving organic waste management, and contributing to local and regional environmental conservation.

Keyword: Biogas production; Circular economy; Environmental Technologies; Organic waste; Renewable energy.

1. APRESENTAÇÃO

A poluição ambiental decorrente de ações antrópicas, especialmente o manejo inadequado de resíduos orgânicos, a emissão de gases poluentes e a exploração intensiva dos recursos naturais, configura-se como um dos principais desafios ambientais contemporâneos. Tais práticas comprometem o equilíbrio dos ecossistemas e evidenciam a necessidade de soluções que integrem sustentabilidade, inovação e conservação ambiental.

Nesse contexto, tecnologias como os biodigestores destacam-se pelo potencial técnico na conversão de resíduos orgânicos em biogás e biofertilizante, contribuindo para a gestão adequada de resíduos e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (EPE, 2022; IEA, 2021).

Os biodigestores vêm sendo reconhecidos como sistemas sustentáveis aplicáveis tanto em áreas rurais quanto urbanas, uma vez que possibilitam a valorização de resíduos que, de outra forma, seriam descartados inadequadamente. Além de fornecerem uma fonte de energia limpa e renovável, contribuem para a redução da dependência de combustíveis fósseis e podem ser ajustados conforme variáveis operacionais, como disponibilidade de biomassa, pH e temperatura do sistema.

Adicionalmente, sua adoção apresenta viabilidade econômica, considerando que os materiais utilizados em sua construção são, em geral, de fácil aquisição e baixo custo, e os subprodutos gerados, como o biofertilizante, agregam valor às atividades agropecuárias.

Neste cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um manual técnico para construção de um biodigestor de baixo custo, com foco na sistematização das etapas de construção, operação e manutenção de um sistema de biodigestão anaeróbia, utilizando materiais acessíveis e de fácil obtenção.

O protótipo descrito no manual foi desenvolvido e testado no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, utilizando como substrato principal o esterco bovino. Ressalta-se que o modelo apresenta flexibilidade operacional, podendo ser adaptado para diferentes tipos de resíduos orgânicos, como dejetos suínos e resíduos alimentares.

O manual é direcionado a agricultores familiares, comunidades rurais, estudantes, técnicos e instituições de ensino, pesquisa e extensão interessados na adoção de tecnologias sustentáveis para o manejo de resíduos orgânicos e geração de energia renovável.

A autoria do manual é atribuída ao mestrando Gilson Reis dos Santos, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado (PPG-CRENAC) do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, sob orientação do Prof. Dr. José

Antonio Rodrigues de Souza. O desenvolvimento contou com apoio institucional e colaboração técnico-científica do Instituto Federal Goiano, incluindo a participação do Laboratório de Pesquisas e Análises Químicas, especialmente nas etapas de análise do material gerado no processo.

O protótipo foi concebido, testado e validado no Campus Urutaí, integrando atividades de ensino, pesquisa e extensão.

O conteúdo técnico do manual abrange fundamentos da biodigestão anaeróbia, critérios para seleção e preparo dos resíduos, dimensionamento simplificado do sistema, especificação de materiais, etapas construtivas, orientações de operação e manutenção, além do uso do biogás como fonte energética e da aplicação do biofertilizante na agricultura.

O manual é disponibilizado em formato digital (PDF), permitindo fácil acesso, armazenamento e compartilhamento. Sua estrutura é organizada de forma didática e sequencial, incluindo elementos pré-textuais, desenvolvimento técnico e apêndice com o protocolo construtivo ilustrado.

O material será disponibilizado no repositório institucional do Instituto Federal Goiano, com acesso gratuito, podendo ser utilizado em atividades acadêmicas, ações de extensão e capacitações técnicas, reforçando seu caráter de tecnologia social e difusão do conhecimento.

2. INTRODUÇÃO

A crescente geração de resíduos orgânicos, especialmente no contexto agroindustrial, tem intensificado a necessidade de soluções sustentáveis voltadas ao seu manejo adequado, visando à redução de impactos ambientais associados à sua disposição inadequada. Nesse cenário, o aproveitamento energético desses resíduos por meio da digestão anaeróbia apresenta-se como alternativa relevante, uma vez que possibilita a produção de biogás e biofertilizante, contribuindo para a mitigação de emissões de gases de efeito estufa e para a valorização de resíduos (EPE, 2022; IEA, 2021).

Apesar desse potencial, a adoção de tecnologias de biodigestão ainda apresenta limitações em comunidades rurais e pequenos núcleos produtivos, sobretudo em função de barreiras relacionadas ao custo de implantação, à falta de acesso a informações técnicas e à ausência de modelos simplificados adaptados à realidade local (SANTOS, 2020).

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe a elaboração de um manual técnico para construção de um biodigestor de baixo custo, com enfoque na sistematização de um

modelo construtivo acessível, de fácil replicação e financeiramente viável, alinhado às diretrizes de tecnologias sociais e sustentabilidade aplicadas ao meio rural (EMBRAPA, 2022).

O manual apresenta, de forma estruturada, as etapas necessárias para construção, operação e manutenção do sistema, contemplando a especificação de materiais, procedimentos construtivos, orientações de segurança, bem como diretrizes para o uso do biogás e do biofertilizante gerado (SANTOS et al., 2020).

O público-alvo compreende agricultores familiares, comunidades rurais, estudantes, extensionistas e demais interessados na adoção de tecnologias sustentáveis, sendo o material concebido como instrumento de apoio à disseminação do conhecimento técnico e à promoção da autonomia dos usuários na implementação do sistema (SILVA et al., 2020).

Do ponto de vista técnico-científico, o trabalho contribui para a sistematização de um modelo operacional simplificado, adaptado à realidade socioeconômica do Cerrado, favorecendo a difusão de tecnologias sociais, a educação ambiental e a inovação aplicada ao aproveitamento de resíduos orgânicos (ABIOGÁS, 2023; SANTOS et al., 2020).

Espera-se que o manual contribua para a ampliação do uso de biodigestores de baixo custo, promovendo a redução de custos energéticos, a melhoria do manejo de resíduos e a mitigação de impactos ambientais em âmbito local e regional

3. O PRODUTO

O produto técnico desenvolvido neste estudo consistiu na elaboração de um manual/protocolo para construção de um biodigestor anaeróbico de baixo custo, sistematizado de forma clara, acessível e tecnicamente fundamentada. O desenvolvimento do sistema foi orientado pela busca de sustentabilidade no tratamento de resíduos, por meio da utilização de materiais de fácil aquisição, baixo custo e simplicidade operacional.

A elaboração do manual viabiliza o tratamento e o aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de biogás e biofertilizante, contribuindo para a gestão adequada de resíduos, a geração de energia limpa e renovável e a redução de impactos ambientais negativos, especialmente no contexto de comunidades rurais e da agricultura familiar.

3.1. Desenvolvimento do produto

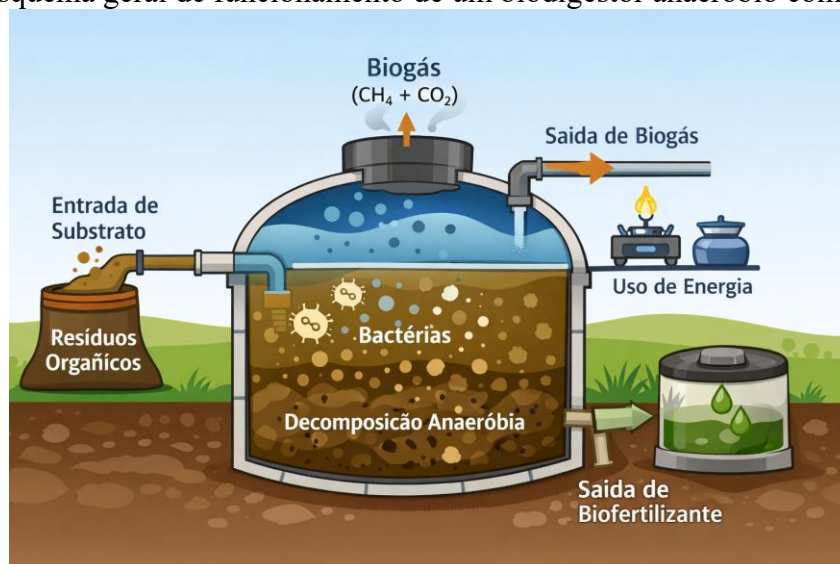
O desenvolvimento do manual/protocolo necessário a construção de um biodigestor anaeróbico de baixo custo, fundamentou-se em abordagem técnico-científica aplicada,

integrando-se revisões bibliográfica, dimensionamento simplificado e validação experimental do protótipo. O processo buscou assegurar coerência entre fundamentação teórica de digestão anaeróbia e a aplicabilidade prática do sistema de tratamento no contexto do Cerrado goiano.

3.2. Biodigestores

Os biodigestores são sistemas destinados à estabilização biológica de resíduos orgânicos por meio da digestão anaeróbia, processo microbiológico realizado na ausência de oxigênio. Nesse ambiente controlado, consórcios microbianos convertem matéria orgânica, como resíduos de origem bovina, em produtos estáveis, biogás e digestato, este último caracterizado pelo seu potencial fertilizante. (SANTOS et al., 2020; IEA, 2021).

Figura 1 - Esquema geral de funcionamento de um biodigestor anaeróbio com estágio único



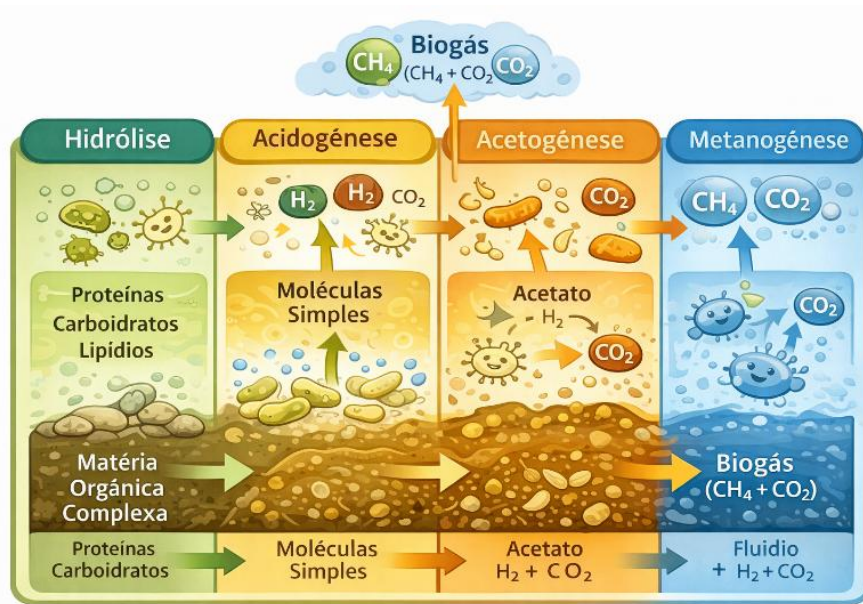
Fonte: Elaborado pelo autor utilizando inteligência artificial ChatGPT (OpenAI), 2026.

A digestão anaeróbia ocorre em quatro etapas bioquímicas principais:

- hidrólise: decomposição de macromoléculas orgânicas (proteínas, carboidratos e lipídios) em compostos solúveis menores;
- acidogênese: conversão desses compostos em ácidos orgânicos voláteis;
- acetogênese: formação de acetato, hidrogênio e dióxido de carbono; e
- metanogênese: produção de metano (CH_4) a partir do acetato e do hidrogênio.

Essas etapas microbiológicas são amplamente descritas na literatura especializada, sendo fundamentais para o processo de produção de biogás (MATA-ALVAREZ et al., 2011; SANTOS et al., 2020).

Figura 2 - Etapas microbiológicas da digestão anaeróbia



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando inteligência artificial ChatGPT (OpenAI), 2026.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, caracterizado como tropical úmido, com inverno seco e verão chuvoso, apresentando precipitação e temperatura média anual de 2000 mm e 28 °C, respectivamente (INMET, 2023). Essas condições climáticas favorecem a atividade microbiológica mesofílica em sistemas de biodigestão anaeróbia.

A eficiência do processo de digestão anaeróbia depende de diversas variáveis operacionais, como temperatura, pH, concentração de sólidos, carga orgânica aplicada e tempo de detenção hidráulica (TDH). Esses parâmetros são essenciais para garantir a estabilidade do processo, evitando desequilíbrios, como acidificação excessiva ou redução da atividade metanogênica (SANTOS et al., 2020).

3.3. Biodigestor batelada

O biodigestor do tipo batelada caracteriza-se pela alimentação única do substrato, permanecendo o sistema fechado durante todo o período de digestão anaeróbia até a estabilização da matéria orgânica. Diferentemente dos sistemas contínuos, esse modelo não possui alimentação frequente nem retirada periódica do digestato durante o ciclo operacional.

Nesse tipo de biodigestor, o substrato é introduzido no reator em uma única etapa, sendo o sistema posteriormente vedado e mantido em condições anaeróbias por um período previamente determinado, correspondente ao tempo de detenção hidráulica necessário à degradação da matéria orgânica. Ao término desse ciclo, o material estabilizado é removido, e

o reator pode ser novamente abastecido, iniciando-se um novo processo de digestão (SANTOS et al., 2020; IEA, 2021).

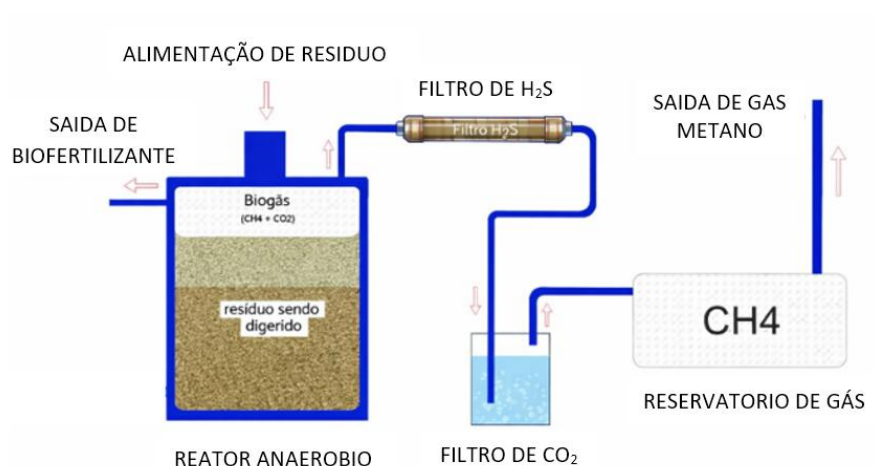
De acordo com Roratto (2014), biodigestores construídos em alvenaria ou a partir de reservatórios plásticos, tais como bombonas (caixas de polietileno), podem operar tanto em regime contínuo quanto em batelada, apresentando simplicidade construtiva e baixo custo de implantação, características que os tornam adequados para pequenas propriedades rurais e aplicações experimentais.

Segundo Oliver et al. (2008), o sistema básico de um biodigestor anaeróbio é composto por uma câmara de digestão, onde ocorre a degradação da matéria orgânica, e por um compartimento destinado ao armazenamento do biogás produzido durante o processo. Esses elementos constituem a estrutura fundamental necessária para o funcionamento do sistema anaeróbio (OLIVER et al., 2008; SANTOS et al., 2020).

Em biodigestores construídos a partir de recipientes plásticos adaptados, a alimentação do substrato pode ser realizada por meio de tubulação que conduz o material até a região inferior do reator, favorecendo o preenchimento uniforme do volume útil. O biogás produzido é normalmente coletado por tubulação instalada na parte superior do reservatório, enquanto o material digerido pode ser removido por meio de saídas localizadas nas regiões inferiores ou laterais do biodigestor (DOTTO; WOLFF, 2012; ABIOGÁS, 2023).

Na Figura 3, apresenta-se o esquema de um biodigestor em regime de batelada. Esse modelo apresenta vantagens relevantes para pequenos produtores e aplicações didáticas, como baixo custo, facilidade de montagem e simplicidade operacional, características que justificam sua utilização no desenvolvimento do protótipo descrito neste trabalho e no manual técnico proposto.

Figura 3 - Representação esquemática de um biodigestor em regime batelada

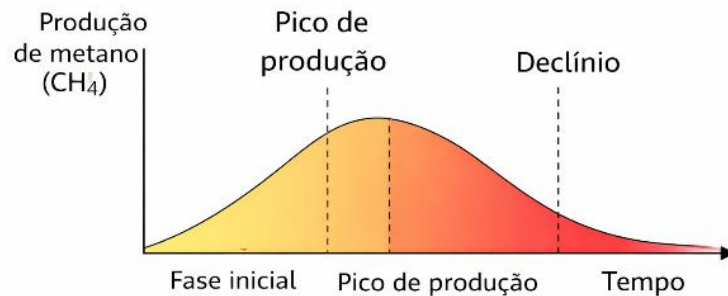


Fonte: Elaborado pelo autor utilizando inteligência artificial ChatGPT (OpenAI), 2026.

No sistema de biodigestores do tipo batelada, o tempo de detenção hidráulica (TDH) assume papel fundamental, pois determina o período necessário para a conversão da matéria orgânica em biogás. Em condições mesofílicas, os TDHs variam, em geral, entre 20 e 40 dias, sendo comumente adotados para substratos bovinos (MATA-ALVAREZ et al., 2011; SANTOS et al., 2020).

Na Equação 1, apresenta-se a expressão para determinação do TDH. Na Figura 4, está apresentada a curva típica de produção de biogás em sistemas em batelada.

Figura 4 - Curva típica de produção de biogás em sistema batelada.



Fonte: MATA-ALVAREZ et al., 2011

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

onde:

TDH = tempo de detenção hidráulica (dias);

V = volume útil do biodigestor (L ou m³);

Q = volume de alimentação (L dia⁻¹ ou m³ dia⁻¹)

Fonte: MATA-ALVAREZ et al., 2011

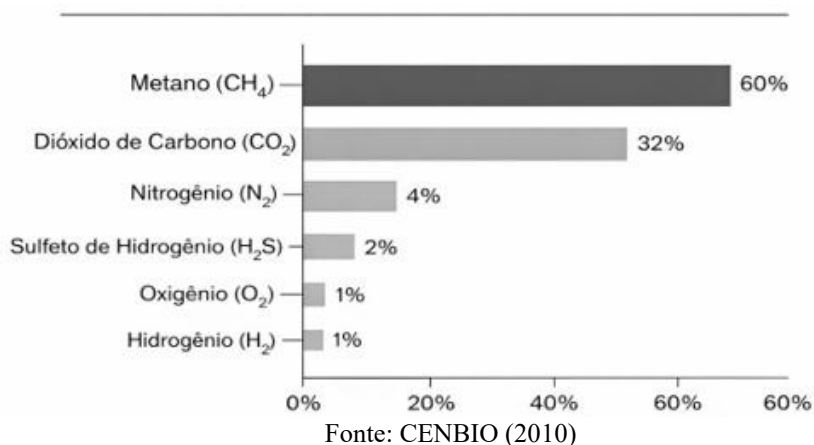
3.4. Biogás

O biogás constitui o principal produto energético gerado durante o processo de digestão anaeróbia, sendo formado pela decomposição biológica da matéria orgânica na ausência de oxigênio. Esse processo ocorre pela ação de microrganismos anaeróbios que degradam

compostos orgânicos complexos, resultando na formação de uma mistura gasosa com potencial energético aproveitável (IEA, 2021; SANTOS et al., 2020).

O biogás é composto predominantemente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), além de pequenas quantidades de outros gases, como hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e vapor d'água. A proporção desses gases pode variar de acordo com o tipo de substrato utilizado e as condições operacionais do biodigestor (ABILOGÁS, 2023). Na Figura 5, apresenta-se a composição típica do biogás.

Figura 5 - Composição típica do biogás



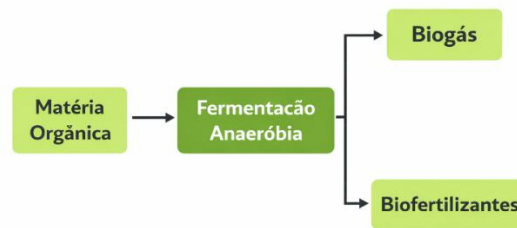
O metano representa, em geral, entre 50% e 75% da composição do biogás, enquanto o dióxido de carbono varia entre 25% e 45%, sendo os demais componentes encontrados em menores concentrações (IEA, 2021; ABILOGÁS, 2023).

O metano é o principal responsável pelo poder calorífico do biogás, que pode variar aproximadamente entre 20 e 25 MJ/m^3 , dependendo da sua concentração. Dessa forma, quanto maior o teor de metano presente na mistura gasosa, maior será o potencial energético disponível (IEA, 2021).

O biogás pode ser gerado a partir da degradação de diferentes tipos de resíduos orgânicos, como esterco animal, resíduos agrícolas e efluentes orgânicos, sendo os dejetos bovinos particularmente adequados, por conterem populações naturais de microrganismos anaeróbios provenientes do sistema digestivo dos animais (SANTOS et al., 2020).

O processo de produção ocorre em ambiente fechado e sem a presença de oxigênio, no qual microrganismos anaeróbios utilizam a matéria orgânica como fonte de energia e nutrientes, produzindo simultaneamente biogás e biofertilizante estabilizado (IEA, 2021). Na Figura 6, apresenta-se o esquema do processo de produção de biogás em biodigestores.

Figura 6 - Processo de produção do biogás em biodigestores



Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Além de representar uma importante alternativa energética renovável, o aproveitamento do biogás contribui para a redução de impactos ambientais negativos, especialmente pela diminuição da emissão direta de metano na atmosfera. O metano possui elevado potencial de aquecimento global, sendo significativamente mais impactante que o dióxido de carbono quando liberado sem controle (IPCC, 2022).

Nesse contexto, o uso de biodigestores permite transformar resíduos orgânicos potencialmente poluentes em energia renovável e fertilizante agrícola, contribuindo para o saneamento ambiental e para o aproveitamento sustentável dos resíduos (EPE, 2022).

O biogás pode ser utilizado diretamente como combustível em fogões, aquecedores e motores estacionários, além de ser empregado na geração de energia elétrica em pequenas propriedades rurais. Em aplicações térmicas simples, seu uso pode ocorrer sem necessidade de purificação prévia (ABILOGÁS, 2023). Em propriedades rurais, o biogás representa uma alternativa energética versátil, podendo ser utilizado para cocção de alimentos, aquecimento de água e acionamento de equipamentos, reduzindo a dependência de combustíveis convencionais (SANTOS et al., 2020). O potencial de produção de biogás varia conforme o tipo de substrato utilizado, sendo os dejetos animais uma das principais fontes empregadas em biodigestores rurais. Na Tabela 1, apresenta-se o potencial de produção de biogás a partir de diferentes dejetos animais.

Tabela 1 - Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais

Espécie animal	M³ de Gás /kg esterco
Caprinos e ovinos	0,04 a 0,061
Bovinos de leite	0,04 a 0,049
Bovinos de corte	0,04
suínos	0,075 a 0,089
Frango de corte	0,090
poedeiras	0,1
codornas	0,049

Fonte: Winrock (2008)

A equivalência energética do biogás em relação a combustíveis convencionais evidencia seu potencial como fonte alternativa de energia, podendo substituir parcialmente combustíveis fósseis em diversas aplicações. Na Tabela 2, apresenta-se a equivalência energética de 1 m³ de biogás.

Tabela 2 - Equivalência energética de 1 m³ de biogás

Componente	Concentração (%)
Metano (CH ₄)	50% – 75%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25% - 45%
Hidrogênio (H ₂)	<1%
Nitrogênio (N ₂)	< 2%
Oxigênio (O ₂)	< 2%
Sulfeto de hidrogênio (H ₂ S)	20 - 20.000 ppm
Água (H ₂ O)	2% – 7%

Fonte: CENBIOA (2010).

A produção de biogás a partir de resíduos orgânicos contribui para a redução de impactos ambientais e para o aproveitamento energético sustentável, sendo considerada uma alternativa promissora no contexto da geração distribuída de energia e do tratamento de resíduos (RAFIEE et al., 2021).

A utilização do biogás tem apresentado crescimento em escala global, especialmente na forma de biometano, que pode ser empregado como combustível veicular ou injetado em redes de distribuição de gás (SCARLAT; DALLEMAND; FAHL, 2018).

Nesse contexto, no protótipo desenvolvido neste trabalho, a produção de biogás foi considerada como indicador direto do funcionamento do biodigestor, evidenciando a ocorrência do processo de digestão anaeróbia e a degradação da matéria orgânica.

3.5. Biofertilizante

O biofertilizante corresponde ao efluente estabilizado resultante do processo de digestão anaeróbia, também denominado digestato, constituindo a fração remanescente após a conversão parcial da matéria orgânica em biogás. Esse material apresenta menor carga poluidora, maior estabilidade química e redução significativa de odores quando comparado ao esterco *in natura*, tornando-se adequado para aplicação agrícola (SILVA, 2020; SANTOS et al., 2020; EPE, 2022).

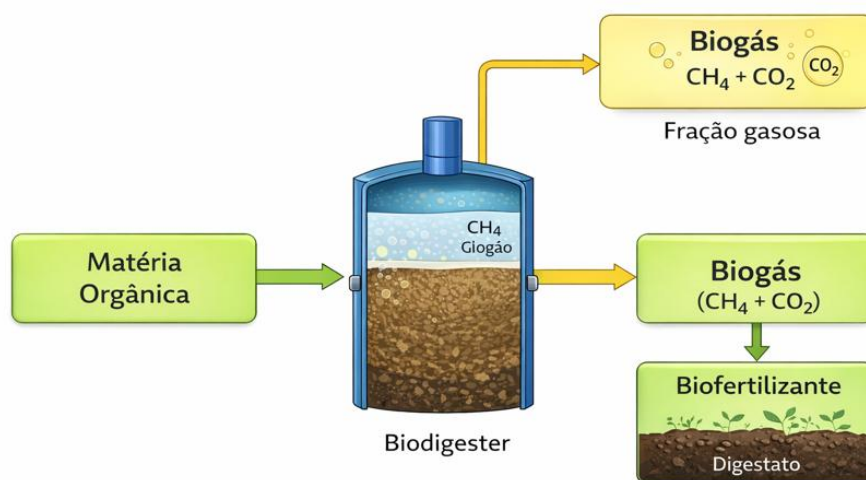
O biofertilizante é produzido a partir da fermentação de materiais orgânicos diluídos em água, podendo ocorrer tanto em condições aeróbias quanto anaeróbias, sendo esta última a forma predominante nos biodigestores rurais. Sua composição depende diretamente do tipo de

substrato utilizado, apresentando, em geral, concentrações relevantes de nutrientes essenciais às plantas (SANTOS et al., 2020; ABIOGÁS, 2023).

Durante a digestão anaeróbia, ocorre a transformação de compostos orgânicos complexos em formas mais simples e parcialmente mineralizadas. Parte do nitrogênio orgânico é convertida em nitrogênio amoniacal (NH_4^+), forma mais facilmente assimilável pelas plantas, enquanto nutrientes como fósforo e potássio permanecem no digestato, contribuindo para seu valor agrônômico (OLIVER et al., 2008; SANTOS et al., 2020).

Além disso, o processo de biodigestão promove redução do teor de carbono e aumento relativo da concentração de nitrogênio, o que melhora a eficiência do material como fertilizante orgânico (BARMAN et al., 2017; ABIOGÁS, 2023). Na Figura 7, apresenta-se o esquema de conversão de matéria orgânica em biogás e biofertilizante.

Figura 7 - Conversão da matéria orgânica em biogás e biofertilizante



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando inteligência artificial ChatGPT (OpenAI), 2026.

O biofertilizante apresenta elevada diversidade de compostos orgânicos e microrganismos benéficos, incluindo bactérias e fungos, que contribuem para a melhoria da fertilidade do solo e para o desenvolvimento das culturas agrícolas (Gaspar, 2003; Oliver et al., 2008).

A composição do biofertilizante pode variar significativamente conforme o substrato utilizado e as condições de operação do biodigestor. A proporção adequada entre resíduos orgânicos e água, é fator importante para o funcionamento eficiente do sistema, e para obtenção de material estabilizado com boas características agrônômicas. Na Tabela 3 está apresentada a proporção relativa entre resíduos orgânicos e água na formação de biofertilizantes.

Tabela 3 - Proporção entre resíduos orgânicos e água para produção de biofertilizante

Resíduo orgânico	Proporção de mistura (resíduo: água)
Esterco de bovino fresco	1:1
Esterco de vaca seco na superfície	1:2
Esterco de cavalo	1:1
Esterco de ovelha	1:3
Restos de culturas verdes	1:0,5 a 1:2
Esterco de galinha	1:2
Esterco de porco	1:1
Esterco humano	1:1

Fonte: Junior et al. (2006).

Os biofertilizantes obtidos a partir de dejetos bovinos apresentam concentrações relevantes de nutrientes essenciais às plantas, destacando-se nitrogênio, fósforo e potássio, elementos fundamentais para o crescimento vegetal (SANTOS et al., 2020; ABIOGÁS, 2023).

Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios dos diferentes atributos químicos do biofertilizante gerado a partir da compostagem de esterco bovino.

Tabela 4 - Atributos físico-químicos médios do biofertilizante a partir de dejetos bovinos

Atributos	Valor médio
pH	7,3
Norganico (mg L-1)	22,46
Namoniacal (mg L-1)	29,13
Nitrito (mg L-1)	0,07
Nitrato (mg L-1)	42,58
N total (mg L-1)	94,23
P total (mg L-1)	31,64
K total (mg L-1)	0,2
Na (mg L-1)	0,01

Fonte: Santos et. al. (2020).

Em média, biofertilizantes obtidos a partir de dejetos bovinos podem apresentar concentrações aproximadas entre 1,5% e 1,8% de nitrogênio, 1,1% a 2,2% de fósforo e 0,8% a 1,2% de potássio, valores que evidenciam seu potencial como fertilizante orgânico (SANTOS et al., 2020; ABIOGÁS, 2023).

O uso agrícola do biofertilizante apresenta diversas vantagens em relação ao esterco bruto e aos fertilizantes minerais, como maior disponibilidade de nutrientes, redução de patógenos, menor odor, menor potencial de contaminação ambiental e melhoria da estrutura física do solo (SANTOS et al., 2020; EPE, 2022).

Além do fornecimento de nutrientes essenciais, o digestato contribui para o aumento da matéria orgânica do solo, favorecendo a retenção de água, a atividade microbiana e o desenvolvimento radicular das plantas (SANTOS et al., 2020). Assim, a aplicação de biofertilizante também pode melhorar processos fisiológicos das plantas, incluindo trocas

gasosas e absorção de nutrientes, contribuindo para o aumento da produtividade agrícola (BARMAN et al., 2017; ABIOGÁS, 2023).

Por se tratar de um produto obtido a partir da reciclagem de resíduos orgânicos, o biofertilizante integra-se ao conceito de economia circular, permitindo o reaproveitamento de nutrientes e reduzindo a dependência de fertilizantes minerais, os quais apresentam custos elevados e maior impacto ambiental negativo (RAFIEE et al., 2021).

3.6. Transformações Físico-Químicas no Processo

A estabilização do substrato durante a digestão anaeróbia está associada à redução da fração de sólidos voláteis e da demanda química de oxigênio (DQO), indicando o consumo da matéria orgânica biodegradável e a formação de digestato estabilizado (WOLSANTOS et al., 2020).

O acompanhamento dos parâmetros físico-químicos foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas (LAPAQ), incluindo pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), nitrogênio, fósforo, DQO e DBO, permitindo avaliar, de forma indireta, o grau de estabilização do material e o potencial fertilizante do efluente gerado (APHA, 2017; SANTOS et al., 2020).

O pH próximo à neutralidade indica equilíbrio entre a produção e o consumo de ácidos orgânicos, condição essencial para a estabilidade microbológica do processo de digestão anaeróbia. A redução da DQO e da DBO ao longo do processo evidencia a degradação da matéria orgânica e a diminuição do potencial poluidor do efluente final, demonstrando a eficiência do tratamento biológico (APHA, 2017; IEA, 2021).

3.7. Potencial Agronômico e Sustentabilidade

O biofertilizante apresenta vantagens agronômicas relevantes quando comparado ao esterco bruto e aos fertilizantes minerais. Por ser resultante de um processo de digestão anaeróbia controlado, apresenta menor presença de microrganismos patogênicos, menor atração de insetos e maior estabilidade biológica. Além disso, seu uso agrícola contribui para o reaproveitamento de resíduos orgânicos que, em condições naturais, retornariam lentamente ao ciclo dos nutrientes. Em sistemas produtivos, no entanto, a grande quantidade gerada pode causar impactos ambientais negativos quando não submetida a tratamento adequado, o que

reforça a importância do uso de biodigestores como alternativa sustentável (SANTOS et al., 2020; EPE, 2022; ABIOGÁS, 2023).

A utilização do biofertilizante no solo promove melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas, favorecendo a estruturação do solo e a retenção de umidade, fatores importantes em regiões de clima sazonal como o Cerrado brasileiro (SANTOS et al., 2020).

O biofertilizante constitui alternativa de baixo custo em relação aos fertilizantes minerais, podendo ser produzido na própria propriedade rural e aplicado diretamente nas culturas agrícolas (OLIVER et al., 2008; ABIOGÁS, 2023).

4. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de natureza experimental, com foco na construção, operação e validação de um protótipo de biodigestor anaeróbio de baixo custo.

O desenvolvimento metodológico consistiu na implementação de um sistema experimental em escala reduzida, permitindo a avaliação prática dos aspectos construtivos, operacionais e funcionais do biodigestor.

Inicialmente, foi definido o modelo construtivo do biodigestor, optando-se por um sistema de pequeno porte, construído a partir de reservatório plástico (bombona), em função da simplicidade estrutural, baixo custo de implantação e facilidade de montagem.

Em seguida, realizou-se a seleção dos materiais e a construção do protótipo, incluindo a instalação das tubulações, conexões hidráulicas, sistema de coleta de biogás e vedação das estruturas, garantindo condições adequadas para o processo de digestão anaeróbia.

O sistema foi operado em regime de batelada, sendo realizados dois ciclos experimentais de abastecimento, utilizando como substrato resíduos orgânicos bovinos diluídos em água. No primeiro ciclo, foi realizada a caracterização físico-química do substrato bruto, com o objetivo de estabelecer as condições iniciais do processo.

Durante a operação, ocorreu a produção de biogás, que foi coletado e posteriormente transferido para um recipiente de armazenamento, utilizando-se um sistema de compressão adaptado. A quantificação do biogás produzido foi realizada por meio de pesagem do gás armazenado.

Foram realizados testes experimentais de combustão, utilizando equipamento adaptado para uso de biogás, sendo monitorado o tempo de permanência da chama acesa, com a finalidade de avaliar o potencial energético do gás produzido.

Paralelamente, foi realizada a análise do biofertilizante gerado, com o objetivo de caracterizar as transformações físico-químicas do substrato ao longo do processo de digestão anaeróbia.

As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas (LAPAQ), onde inicialmente foi realizada a caracterização do substrato bruto, seguida por cinco coletas do biofertilizante ao longo da operação do sistema.

Foram determinados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), fósforo (P), nitrogênio (N) e potássio (K), conforme metodologias padronizadas descritas em APHA (2017).

Durante a elaboração do trabalho, ferramentas de inteligência artificial foram utilizadas como apoio na organização textual, revisão linguística e geração de ilustrações esquemáticas. As imagens apresentadas no manual/protocolo e na dissertação foram produzidas com o auxílio da ferramenta ChatGPT (OpenAI), sendo posteriormente ajustadas para fins de representação didática dos sistemas e processos descritos. Ressalta-se que o uso dessas ferramentas não interferiu na obtenção, análise ou interpretação dos dados experimentais, mantendo-se a originalidade e a integridade científica do estudo, conforme diretrizes acadêmicas vigentes.

4.1. Local da Pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido no Instituto Federal Goiano (IF Goiano), localizado na região sudeste do estado de Goiás, Brasil. O município situa-se nas coordenadas geográficas 17°28' de latitude Sul e 48°12' de longitude Oeste, com altitude média próxima de 700 metros acima do nível do mar (IBGE, 2022).

O IF Goiano está inserido no bioma Cerrado, caracterizado por clima tropical sazonal do tipo Cwa, segundo a classificação climática de Köppen. Esse tipo climático apresenta duas estações bem definidas: uma estação chuvosa, concentrada principalmente entre os meses de outubro e março, e uma estação de estiagem entre abril e setembro (ALVARES et al., 2013).

A temperatura média anual da região varia entre 22 °C e 24 °C, condição considerada favorável ao desenvolvimento de processos microbiológicos envolvidos na digestão anaeróbia, especialmente na faixa mesofílica (20 °C a 40 °C) (INMET, 2023; CERVI; ESPERANCINI; BUENO, 2010).

A escolha do local para instalação do biodigestor experimental considerou a disponibilidade de resíduos orgânicos de origem agropecuária, facilidade de acesso,

disponibilidade de espaço físico e viabilidade de acompanhamento experimental do protótipo. A construção e operação do biodigestor foram realizadas em área aberta e nivelada, garantindo condições adequadas para funcionamento, abastecimento, monitoramento e coleta de amostras.

As análises físico-químicas do substrato inicial e do biofertilizante produzido foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Análises Químicas (LAPAQ), sendo determinados parâmetros relacionados à caracterização do material orgânico e à estabilidade do digestato. As análises seguiram metodologias padronizadas descritas em (APHA, 2017), incluindo determinação de pH, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), nitrogênio, fósforo e potássio.

4.2. Lista de materiais

Para a construção do biodigestor, foram utilizados materiais hidráulicos e estruturais de fácil obtenção no comércio local, priorizando componentes de baixo custo, boa durabilidade e facilidade de instalação. A relação completa dos materiais utilizados, contendo a descrição dos itens, registro fotográfico e valores de aquisição, encontra-se apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Relação de materiais utilizados e custo de aquisição dos materiais














Imagem do item	Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
	Bombona 200 litros	1 un.	R\$ 100,00	R\$ 100,00
	Tubo de PVC 100 mm (esgoto)	2 m	R\$ 16,36	R\$ 32,72
	Cap PVC 100 mm	1 un.	R\$ 12,99	R\$ 12,99
	Flange PVC 50 mm	1 un.	R\$ 19,00	R\$ 19,00
	Curva PVC 90° – 50 mm	1 un.	R\$ 11,46	R\$ 11,46
	Adaptador soldável curto 50 mm	1un.	R\$ 4,75	R\$ 4,75
	Registro PVC de esfera 50 mm	1un.	R\$ 22,34	R\$ 22,34
	Flange PVC 25 mm	1un.	R\$ 18,51	R\$ 18,51
	Registro PVC de esfera 25 mm	1un.	R\$ 17,80	R\$ 17,80
	Tubo PVC 25 mm	2un.	R\$ 3,90	R\$ 7,80
	Luva PVC L/R 25 mm × ¾”	3un.	R\$ 9,84	R\$ 29,52
	Registro de esfera para irrigação 14 mm	3un.	R\$ 4,50	R\$ 9,00
	Mangueira de jardim ½”	4un.	R\$ 7,50	R\$ 30,00

Imagem do item	Material	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
	Adaptador cotovelo ½" espigão ½"	2un.	R\$ 3,00	R\$ 6,00
	Adaptador mangueira ½" × ½"	3un.	R\$ 1,50	R\$ 4,50
	Adaptador mangueira ½"	1un.	R\$ 2,20	R\$ 2,20
	Cap PVC 50 mm	2un.	R\$ 5,50	R\$ 11,00
	Tubo PVC 50 mm	1un.	R\$ 4,50	R\$ 4,50
	Luva de união PVC 50 mm	1 un.	R\$ 24,90	R\$ 24,90
	Vidro com tampa plástica 3 lts	1un.	R\$ 26,90	R\$ 26,90
	Flange PVC 32 mm	1un.	R\$ 19,9	R\$ 19,00
	Tê PVC 32 mm	1 un.	R\$ 3,99	R\$ 3,99
	Luva de redução 32 mm × 20 mm	2 un.	R\$ 4,90	R\$9,80
	Abraçadeira para mangueira ½"	6 un.	R\$ 1,10	R\$ 6,60
	Câmaras de ar usadas	3 un.	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	Cola para tubos pvc	1 un.	R\$ 5,32	R\$ 5,32
	Palha de aço	2 un.	R\$ 3,20	R\$ 6,40
Total				R\$ 435,29

Fonte: elaborado pelo autor (2026)

4.3. Montagem do reator do biodigestor

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de natureza experimental, voltada ao desenvolvimento e validação de um biodigestor anaeróbico de baixo custo destinado ao reaproveitamento energético de resíduos orgânicos provenientes de atividades agropecuárias, bem como à elaboração de um manual/protocolo técnico para sua construção e operação.

O sistema foi construído a partir de uma bombona plástica utilizada como reator anaeróbico, compartimento no qual ocorre o processo de digestão da matéria orgânica. Esse tipo de reservatório apresenta vantagens como baixo custo, resistência mecânica e facilidade de adaptação para instalação de conexões hidráulicas, sendo amplamente utilizado em biodigestores experimentais de pequena escala.

A montagem do biodigestor foi realizada em etapas, envolvendo a preparação do reservatório principal, instalação das conexões hidráulicas e montagem do sistema de condução do biogás produzido. Após a instalação das conexões e tubulações, realizou-se a verificação da estanqueidade do sistema, etapa fundamental para evitar vazamentos e garantir condições adequadas ao processo de digestão anaeróbia no interior do biodigestor.

Posteriormente, o biodigestor foi instalado em superfície nivelada, priorizando-se local com fácil acesso para abastecimento do substrato, monitoramento do sistema e coleta do biofertilizante durante o funcionamento do protótipo.

O reator do biodigestor foi construído a partir da reutilização de uma bombona plástica com capacidade volumétrica de 200 litros, realizando-se as adaptações necessárias para seu funcionamento como reator anaeróbio destinado à digestão da matéria orgânica, com consequente produção de biogás e biofertilizante.

Figura 8 - Bombona plástica utilizada como reator anaeróbio



Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Inicialmente, foram confeccionados dois orifícios na parte superior da bombona, destinados à instalação das tubulações e conexões responsáveis pela alimentação do biodigestor e condução do biogás produzido.

O orifício maior (100 mm de diâmetro) foi posicionado na parte superior da bombona, de modo a transformá-la em entrada da biomassa no sistema, por meio da tubulação e, garantir estanqueidade ao sistema.

A extremidade do tubo introduzido no interior do biodigestor recebeu três cortes longitudinais (Figura 9), cuja finalidade era a de facilitar a dispersão e distribuição do substrato no interior da câmara de digestão durante o abastecimento do biodigestor. Para assegurar a estanqueidade do sistema utilizou-se selante epóxi de alta performance.

Figura 9 - Apresentação do sistema de alimentação instalado no biodigestor



Fonte: Autor (2026)

No esquema de montagem da tubulação de alimentação na parte superior do conjunto foi instalado um cap removível, permitindo a abertura do sistema sempre que necessário à inserção do substrato no interior do biodigestor.

O segundo orifício na parte superior (50 mm) foi destinado à saída do biogás produzido no processo de digestão anaeróbia, sendo instalado um flange com conexão roscável voltada para o exterior da bombona, que pode ser visto na Figura 10. A partir dessa conexão montou-se registro e um conjunto de condução do biogás, permitindo a ligação do biodigestor aos sistemas de filtragem e armazenamento do gás produzido.

Figura 10 - Orifício para saída do biofertilizante e flange com a curva conectada



Fonte: Autor (2026)

Esse orifício lateral tinha a finalidade de permitir a retirada periódica do material estabilizado no interior do reator, evitando-se acúmulo de substrato já degradado e, possibilitando a renovação do material orgânico utilizado no processo de digestão anaeróbia.

Na Figura 11 está apresentada o processo de perfuração e a instalação do flange na estrutura da bombona.

Figura 11 - Detalhe da conexão lateral do biodigestor



Fonte: Autor (2026)

4.4. Montagem do filtro de gás sulfídrico

Após a saída do biogás produzido no biodigestor, foi instalado um primeiro sistema de filtragem com a finalidade de reduzir a presença de gás sulfídrico (H_2S) no biogás produzido. Esse composto é indesejável no processo, pois apresenta odor fétido e possui elevado potencial corrosivo, podendo comprometer componentes metálicos e equipamentos utilizados na condução e utilização do biogás. Dessa forma, o primeiro filtro teve como objetivo, promover uma etapa inicial de purificação do biogás, antes de sua condução para as etapas seguintes do sistema.

A Figura 12 apresenta a estrutura do filtro, confeccionada a partir de um segmento de tubo de PVC, preparado para receber conexões nas extremidades que permitem a entrada e a saída do biogás. No interior da tubulação, foi inserido um material metálico do tipo esponja de aço, utilizado como meio filtrante. Esse material atua na retenção e na oxidação parcial do sulfeto de hidrogênio presente no biogás.

Figura 12 - Sistema de filtros para de gás sulfídrico



Fonte: Autor (2026)

Durante a montagem do filtro, foram realizadas adaptações nas extremidades da tubulação afim de permitir a conexão das mangueiras responsáveis pela condução do biogás, bem como, garantir a estanqueidade do sistema.

Este filtro foi conectado à saída de biogás do biodigestor por meio de mangueira apropriada para condução de gás, fixada com abraçadeiras para garantir maior segurança à conexão. A saída do primeiro filtro foi, então, direcionada para a etapa seguinte do sistema de filtragem do biogás.

4.5. Filtro de dióxido de carbono

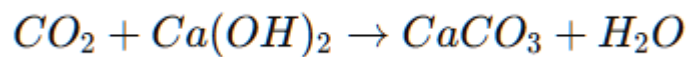
Após a passagem pelo primeiro sistema de filtragem, o biogás produzido foi conduzido para uma segunda etapa de purificação, com a finalidade de reduzir a presença de dióxido de carbono (CO_2) e outras impurezas presentes na corrente gasosa. Essa etapa contribui para melhorar a qualidade do biogás, aumentando a concentração relativa de metano (CH_4), componente responsável pelo poder calorífico do gás.

O segundo filtro foi montado utilizando-se recipiente vedado e adaptado para funcionar como sistema de borbulhamento do biogás. Na tampa deste recipiente foram instaladas conexões destinadas à entrada e saída do gás. Já no interior do sistema, foi posicionada uma mangueira conectada à entrada do biogás e, dessa forma, a extremidade permanecia submersa em uma solução líquida.

Para a purificação do gás foi utilizada uma solução composta por água e cal hidratada (hidróxido de cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Esse composto apresenta caráter alcalino e possui a capacidade de reagir quimicamente com o dióxido de carbono presente no biogás.

Durante o funcionamento do sistema, o biogás proveniente do primeiro filtro foi conduzido até o interior do recipiente, sendo forçado a atravessar a solução líquida por meio do processo de borbulhamento. Nesse contato, ocorre a reação química entre o dióxido de carbono dissolvido no gás e o hidróxido de cálcio presente na solução, formando carbonato de cálcio (CaCO_3), um composto sólido insolúvel que permanece retido no interior do recipiente.

A reação química simplificada de absorção do dióxido de carbono pela cal hidratada pode ser representada conforme descrito por Ryckebosch, Drouillon e Vervaeren (2011):



Sendo CO_2 = dióxido de carbono (mgL^{-1});

Ca(OH)_2 ; Hidróxido de cálcio (mgL^{-1});

CaCO_3 =carbonato de cálcio (mgL^{-1});

H_2O = água (mgL^{-1});

Por meio dessa reação, ocorre a remoção parcial do dióxido de carbono presente no biogás, resultando em um gás com maior concentração de metano e, conseqüentemente, melhor desempenho energético durante a combustão.

Após atravessar o segundo filtro, o biogás segue pela tubulação de condução até o sistema de armazenamento, onde, posteriormente, foi utilizado nos testes experimentais de combustão realizados neste estudo. O esquema de montagem do segundo filtro é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Filtro de gás sulfídrico



Fonte: Autor (2026)

4.6. Sistema de Armazenamento e Utilização do Biogás

Após a etapa de purificação no filtro de dióxido de carbono (CO_2), o biogás, com maior concentração de metano (CH_4), é conduzido ao sistema de armazenamento. No protótipo desenvolvido, o armazenamento foi realizado utilizando câmaras de ar de pneus, que atuam como reservatórios flexíveis de baixa pressão.

As câmaras de ar foram selecionadas devido às suas características de flexibilidade, resistência mecânica, baixo custo e ampla disponibilidade, sendo adequadas para sistemas de pequeno porte. O biogás é conduzido até o interior das câmaras por meio de mangueiras flexíveis, devidamente fixadas com abraçadeiras metálicas, garantindo a estanqueidade das conexões.

Durante o processo de armazenamento, as câmaras se expandem proporcionalmente ao volume de gás produzido, permitindo o acúmulo do biogás sem a necessidade de pressurização significativa. Esse tipo de sistema opera em regime de baixa pressão, reduzindo riscos operacionais e dispensando o uso de dispositivos complexos de controle.

A pressão interna do sistema está diretamente relacionada à elasticidade do material da câmara e ao volume de gás armazenado, sendo suficiente para promover o escoamento do biogás até os pontos de consumo, como fogões adaptados e outros dispositivos de baixa demanda energética. O biogás armazenado pode ser utilizado em diferentes aplicações, como cocção em fogões adaptados, aquecimento de água e geração de energia em sistemas de pequena escala.

Figura 14 - Sistema de armazenamento utilizando câmaras de ar, destacando o nível de enchimento e sua integração com o sistema.



Fonte: Autor (2026)

4.7. Abastecimento do Biodigestor

O abastecimento do biodigestor foi realizado utilizando esterco bovino, proveniente da atividade de bovinocultura do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. Inicialmente, o substrato foi coletado em uma esterqueira que recebe os dejetos oriundos da limpeza da área de ordenha.

A mistura foi preparada na proporção de 1:1 (esterco:água), com o objetivo de proporcionar adequada homogeneização e fluidez do material, favorecendo as condições ideais para o processo de digestão anaeróbia.

No primeiro abastecimento, o reator foi preenchido com 160 litros de substrato, correspondente ao volume útil do reator, mantendo-se um volume livre interno destinado ao acúmulo do biogás. Durante a operação inicial, observou-se o início da produção de biogás após aproximadamente 20 dias, evidenciado pela formação de bolhas no sistema de filtragem, especialmente no filtro de CO₂. A produção manteve-se ativa até cerca de 52 dias, momento em que ocorreu redução na geração de gás, indicando o esgotamento do substrato disponível.

A partir do segundo abastecimento, optou-se pela utilização de esterco bovino fresco, coletado diretamente no momento da ordenha, também diluído na proporção de 1:1 (esterco:água). Essa alteração foi adotada em função das características do material inicialmente utilizado, uma vez que o resíduo proveniente da esterqueira apresentava menor teor de matéria orgânica biodegradável, além da presença de materiais indesejáveis, como partículas de solo (terra) e outros contaminantes, que eram carregados junto aos dejetos durante o processo de limpeza. A utilização do esterco fresco proporcionou um substrato com maior concentração de matéria orgânica ativa, favorecendo o desempenho do processo anaeróbio e contribuindo para a melhoria da produção de biogás.

Figura 15 - Processo de abastecimento



Fonte: Autor (2026)

Após o primeiro ciclo, passou-se a adotar um regime de alimentação periódica semanal, com o objetivo de manter a estabilidade do processo e a continuidade da produção de biogás.

O volume de recarga foi determinado com base no Tempo de Detenção Hidráulica (TDH), conforme a Equação:

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

onde:

- TDH = tempo de detenção hidráulica (dias);
- V = volume útil do biodigestor (L);
- Q = vazão de alimentação (L/dia).

Considerando:

- Volume útil (V) = 160 L
- TDH observado \approx 52 dias

Tem-se:

$$Q = \frac{160}{52}$$

Para alimentação semanal:

$$Q_{semanal} = 3,08 \times 7 \approx 21,6 \text{L/semana}$$

Com base no dimensionamento realizado, foi adotado um volume de recarga de aproximadamente 22 litros por semana mantendo a proporção de diluição 11 litros de esterco bovino fresco e 11 litros de água.

4.8. Avaliação da produção e utilização do biogás

A avaliação da produção de biogás foi realizada por meio de medições indiretas, utilizando o método de compressão e pesagem do gás armazenado em recipiente do tipo botijão de gás de cozinha. Inicialmente, foi realizada a pesagem do botijão vazio, com o objetivo de confirmar a tara indicada pelo fabricante. Após o enchimento com biogás proveniente do biodigestor, o recipiente foi novamente pesado, sendo a diferença entre as massas atribuída à quantidade de biogás armazenado, a figura 16 apresenta o procedimento de pesagem do botijão contendo o biogás.

Figura 16 - Pesagem do biogás armazenado



Fonte: O autor (2026).

Com base nas medições realizadas, observou-se uma produção média semanal de aproximadamente 0,45 Kg de biogás. Após o armazenamento, o biogás foi conduzido até um fogão adaptado, possibilitando a avaliação prática do seu desempenho como combustível. Durante os testes, a chama foi mantida em intensidade média, apresentando comportamento estável e contínuo, a figura 17 ilustra a utilização do biogás no fogão.

Figura 17 - Utilização do biogás em fogão adaptado



Fonte: O autor (2026).

Observou-se que, com a quantidade de gás armazenada, a chama permaneceu acesa por aproximadamente 180 minutos contínuos em intensidade média. Esse resultado evidencia a viabilidade do biogás produzido como fonte de energia para aplicações domésticas, especialmente para cocção.

Para avaliar o potencial energético do biogás produzido, realizou-se uma estimativa de equivalência energética em relação ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), amplamente utilizado em aplicações domésticas.

O GLP apresenta poder calorífico inferior médio de aproximadamente 46 MJ/kg, conforme dados da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2023) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022).

Considerando a massa semanal de biogás comprimido obtida experimentalmente (0,45 kg), adotou-se uma aproximação energética equivalente ao GLP para fins comparativos, conforme a Equação 2:

Equação 2: Estimativa de energia equivalente

$$E = m \times PCI$$

Onde:

E = energia (MJ)

m = massa de gás (kg)

PCI = poder calorífico inferior (MJ/kg)

Substituindo os valores:

$$E = 0,45 \times 46$$

$$E \approx 20,7 \text{ MJ}$$

Considerando um botijão padrão de GLP de 13 kg, a equivalência energética semanal pode ser estimada conforme a Equação 2:

Equação 3: – Percentual equivalente ao GLP

$$\% = (m / 13) \times 100$$

$$\% = (0,45 / 13) \times 100$$

$$\% \approx 3,5\%$$

Dessa forma, a produção semanal de biogás corresponde a aproximadamente 3,5% da capacidade energética de um botijão de GLP de 13 kg.

Projetando a produção para um período mensal (30 dias), tem-se:

$$m = 0,45 \times 4 = 1,8 \text{ kg}$$

$$\% = (1,8 / 13) \times 100$$

$$\% \approx 13,8\%$$

Portanto, a produção mensal estimada corresponde a aproximadamente 13,8% de um botijão de GLP de 13 kg.

5. PERSPECTIVA E RELEVÂNCIA DO PRODUTO

5.1. Aderência

O Manual/Protocolo para construção de um biodigestor de baixo custo apresenta elevada aderência a área de ciências ambientais, especialmente no que se refere ao manejo sustentável de resíduos orgânicos, à produção de energia renovável e à mitigação de impactos ambientais negativos associados à disposição inadequada desses resíduos.

Além disso, o produto gerado está diretamente ligado à linha de atuação científico-tecnológica do programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, ao integrar conhecimentos das áreas de ecologia, saneamento ambiental, energia renovável e educação ambiental, contribuindo para a difusão de soluções técnicas aplicáveis à realidade socioambiental regional. O manual/protocolo constitui-se, portanto, como instrumento de apoio à pesquisa aplicada e à extensão tecnológica, fortalecendo a interface entre ciência, sociedade e conservação dos recursos naturais.

5.2. Impacto

O produto desenvolvido apresenta potencial significativo para promover mudanças positivas no meio social em que se insere, especialmente em comunidades rurais, agricultores familiares e instituições de ensino. Sua demanda caracteriza-se como espontânea, decorrente da necessidade de soluções acessíveis para o tratamento de resíduos orgânicos e para a redução dos custos energéticos associados ao uso de combustíveis convencionais. Os principais agentes beneficiados são pequenos produtores rurais, estudantes, extensionistas, educadores ambientais e comunidades que buscam alternativas sustentáveis para o aproveitamento de resíduos.

A relevância do produto para a resolução de problemas ambientais está relacionada à redução da poluição do solo e da água, à mitigação da emissão de gases de efeito estufa e ao incentivo ao uso de fontes renováveis de energia. Este manual/protocolo contribui, ainda, para a promoção da autonomia energética, para a valorização de resíduos orgânicos e para a melhoria das condições sanitárias locais, atendendo aos objetivos da pesquisa ao associar conservação ambiental, inovação social e viabilidade técnica.

5.3. Aplicabilidade

O Manual para construção de um biodigestor de baixo custo apresenta facilidade de aplicação, uma vez que descreve a simplicidade do sistema, construído com materiais amplamente disponíveis no comércio e de fácil manuseio. A linguagem adotada e a organização do conteúdo permitem que o produto seja utilizado por diferentes públicos, mesmo aqueles com conhecimento técnico limitado, o que amplia sua abrangência prática.

A aplicabilidade do produto é ampla, podendo ser empregada em escala local, regional e nacional, especialmente em áreas rurais. O modelo descrito é replicável e adaptável a diferentes realidades, podendo ser ajustado conforme disponibilidade de resíduos orgânicos e materiais.

5.4. Inovação

O produto é classificado como uma produção com médio teor inovativo, pois resulta da combinação de conhecimentos pré-estabelecidos sobre biodigestão anaeróbia, manejo de resíduos e tecnologias sociais, aplicados de maneira integrada e, adaptada a um público específico. Essa abordagem amplia o acesso a tecnologias sustentáveis e favorece a inclusão social e energética.

5.5. Complexidade

O desenvolvimento do produto pode ser classificado como uma produção com média complexidade, uma vez que envolve a integração de conhecimentos provenientes de diferentes áreas, como engenharia ambiental, manejo de resíduos, processos biológicos anaeróbios e técnicas construtivas.

A elaboração do manual exigiu a articulação entre etapas teóricas e práticas, incluindo revisão bibliográfica, construção do protótipo, ajustes operacionais, análises laboratoriais e validação do funcionamento do sistema. Embora não tenha envolvido múltiplas instituições de forma simultânea, houve interação com estruturas laboratoriais e utilização de diferentes ferramentas e metodologias.

Além disso, o produto demandou a adaptação de soluções técnicas para condições reais de campo, o que implica a resolução de problemas práticos e a tomada de decisões técnicas ao longo do desenvolvimento. Dessa forma, caracteriza-se como um produto com nível intermediário de complexidade, adequado à proposta de aplicação prática e replicabilidade.

REFERÊNCIA

- ABATZOGLOU, Nicolas; BOIVIN, Simon. **A review of biogas purification processes. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining***, v. 3, n. 1, p. 42–71, 2009.
- ABIOGÁS – Associação Brasileira do Biogás. **Panorama do Biogás no Brasil 2023**. São Paulo: ABIOGÁS, 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2023**. Rio de Janeiro: ANP, 2023.
- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's **climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift***, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF, 2017.
- AMARAL, A. C. et al. **Panorama da produção de biogás no Brasil e perspectivas futuras. *Revista Brasileira de Energias Renováveis***, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 245-259, 2019.
- BARMAN, U.; DAS, K.; DAS, D. **Application of bio-slurry as organic fertilizer. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture***, v. 6, p. 1–7, 2017.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BGS. **Equipamentos para biogás: guia técnico de produção e aproveitamento energético**. São Paulo: BGS, 2023.
- CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA (CENBIO). **Guia prático do biogás**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.
- CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. **Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granjas suínícolas para geração de energia elétrica. *Engenharia Agrícola***, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 831-844, 2010.
- COSTA, Dácio Jânio da; COSTA, Laudeci de Abreu. **Produção de biogás a partir de dejetos bovinos utilizando biodigestor de bombona. 2023**. Trabalho de Conclusão de Curso – [Universidade Federal do Pará].
- DOTTO, A. C.; WOLFF, D. B. **Biodigestores: conceitos e aplicações**. Santa Maria: UFSM, 2012.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço energético nacional 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Biogás e suas contribuições para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2022**. Brasília: EPE, 2022.

FEN – FUNDAÇÃO ECOLÓGICA NATURAL. **Manual de aproveitamento energético do biogás**. São Paulo: FEN, 2013.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas propriedades rurais**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

HOUSE, David. **The complete biogas handbook**. 1. ed. London: Alternative Energy Institute, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados: Urutai – GO*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2026.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Outlook for biogas and biomethane: prospects for organic growth**. Paris: IEA, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados: Goiás**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1991–2020**. Brasília: INMET, 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

KAPOOR, R.; PANWAR, N. L.; KUMAR, A. *Biogas as a renewable energy source: global scenario*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 109, p. 57–68, 2019.

LUCAS JUNIOR, J. et al. **Produção de biogás a partir de resíduos agropecuários**. Jaboticabal: UNESP, 2006.

MACEDO, L. M. et al. **Uso de biofertilizantes na agricultura sustentável**. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, v. 60, n. 4, p. 421-430, 2017.

MACIEL, M. et al. **Aproveitamento agrícola do biofertilizante proveniente da digestão anaeróbia**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 7, p. 512-518, 2019.

MENDONÇA, E. S. et al. **Caracterização físico-química de biofertilizantes produzidos em biodigestores anaeróbios**. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 132-140, 2015.

MATA-ALVAREZ, J. et al. **Anaerobic digestion of organic solid wastes: an overview of research achievements and perspectives.** *Bioresource Technology*, v. 74, p. 3–16, 2000.

MATA-ALVAREZ, J.; DOSTA, J.; MACÉ, S.; ASTALS, S. Codigestion of solid wastes: a review of its uses and perspectives including modeling. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 31, n. 2, p. 99–111, 2011.

OLIVER, A. P. M. et al. **Biodigestores rurais: fundamentos e aplicações.** Brasília: EMBRAPA, 2008.

OLIVER, B. et al. **Biogas production from livestock manure.** *Renewable Energy*, v. 33, p. 123–130, 2008.

POHLMANN, M. **Biogás e meio ambiente.** Porto Alegre: UFRGS, 2000.

RAFIEE, A. et al. **Biogas as a sustainable energy source: a review.** *Renewable Energy*, v. 179, p. 1466–1482, 2021.

RORATTO, L. R. **Biodigestores rurais: alternativas energéticas sustentáveis.** 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

RYCKEBOSCH, E.; DROUILLON, M.; VERVAEREN, H. **Techniques for transformation of biogas to biomethane.** *Biomass and Bioenergy*, v. 35, n. 5, p. 1633–1645, 2011.

SANTOS, C. A. A. S. dos et al. **Anaerobic biodigester for sustainable biogas production on a rural property.** *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, e4269854262, 2020.

SCARLAT, Nicolae; DALLEMAND, Jean-François; FAHL, Fernando. **Biogas: developments and perspectives in Europe.** *Renewable Energy*, v. 129, p. 457–472, 2018.

SILVA, F. C. et al. **Produção e utilização de biofertilizantes na agricultura.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 5, p. 1015-1023, 2007.

SILVA, J. A. et al. **Biofertilizantes na agricultura.** *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, n. 1, p. 45–52, 2007.

SILVA, J. R. **Produção de biofertilizantes a partir da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos.** *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 3, p. 55-63, 2020.

SILVA, M. A. Uso agrônômico do digestato. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SILVA, Wandenúzia de Oliveira. **Produção de biogás a partir de dejetos bovinos utilizando biodigestor caseiro.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – [Instituto Federal da Paraíba].

SOUZA, D. J. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos em propriedades rurais.** Belém: Universidade Federal do Pará, 2009.

SOUZA, J. A. R. **Energias renováveis e sustentabilidade.** Goiânia: UFG, 2009.

SOUZA, J. A. R. **Produção de biogás em sistemas rurais**. Goiânia: UFG, 2010.

TANGANELLI, E. **Avaliação agronômica de biofertilizantes**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

WINROCK INTERNATIONAL. **Biogas technology manual**. Arkansas: Winrock International, 2008.

APÊNDICE

Manual de construção de um biodigestor de baixo custo

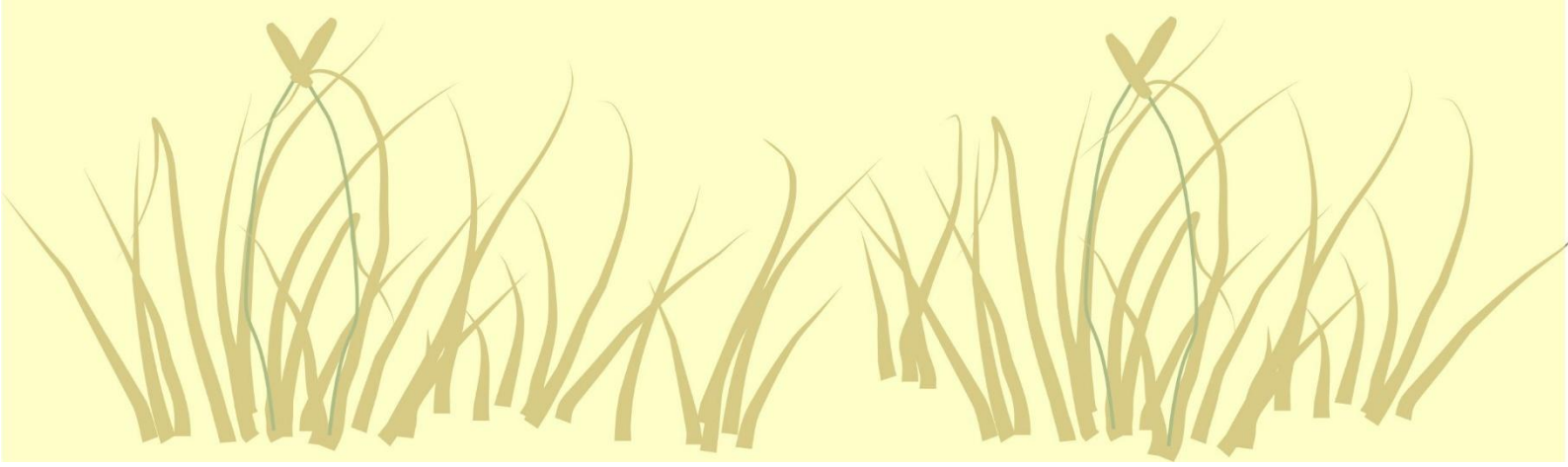
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORE DE BAIXO CUSTO

GILSON DOS REIS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Urutaí, Maio de 2026





Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenadora

Profa. Dra. Débora Astoni Moreira

Urutaí, Maio de 2026

GILSON DOS REIS SANTOS

MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTORES DE BAIXO CUSTO

Orientador

Prof. Dr. José Antonio Rodrigues de Souza

Produto Técnico apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

URUTAÍ - GO

2026

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	7
1. APRESENTAÇÃO	8
2. OBJETIVO	8
3. PÚBLICO-ALVO	8
4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA	9
5. COMPONENTES DO SISTEMA	9
5.1. Reator (Bombona)	9
5.2. Sistema de Alimentação	9
5.3. Sistema de Saída de Material	9
5.4. Saída de Biogás	9
5.5. Sistema de Filtragem	9
5.6. Sistema de Armazenamento	9
6. FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	10
7. MATERIAIS UTILIZADOS	11
8. PROCEDIMENTO DE CONSTRUÇÃO	12
8.1. Preparação da Bombona	12
8.2. Perfuração dos Orifícios	13
8.3. Instalação da saída de biofertilizante	14
8.4. Instalação da saída de biogás	14
8.5. Instalação do sistema de alimentação	15
8.6. Vedação do Sistema	16
9. SISTEMA DE FILTRAGEM DO BIOGÁS	16
9.1. Configuração geral do sistema de filtragem	17
9.2. Filtro de Remoção de Sulfeto de Hidrogênio	17
9.2.1. Princípio de funcionamento	18
9.2.2. Construção do Filtro	18
9.2.3. Instalação do Filtro H ₂ S	19
9.2.4. Manutenção do filtro de H ₂ S	19
9.3. Filtro de redução de dióxido de carbono (CO ₂)	19
9.3.1. Princípio de funcionamento	19

9.3.2. Construção do filtro	20
9.3.3. Instalação do filtro	21
9.3.4. Manutenção do filtro de CO ₂	21
9.4. Verificação do sistema de filtragem	21
9.5. Considerações operacionais.....	21
10. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS	22
10.1. Princípio de funcionamento	22
10.2. Montagem do sistema de armazenamento	22
10.3. Considerações de segurança	23
11. ABASTECIMENTO DO BIODIGESTOR.....	23
11.1. Substrato	23
11.2. Volume de alimentação	23
11.3. Procedimento de abastecimento	24
12. TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH).....	24
12.1. Comportamento observado	24
13. PRODUÇÃO E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS	25
13.1. Teste de utilização em fogão	25
14. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE	25
14.1. Aplicação	25
15. CONSIDERAÇÕES OPERACIONAIS E MANUTENÇÃO.....	25
15.1. Operação	26
15.2. Manutenção.....	26
15.3. Segurança.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bombona plástica capacidade volumétrica de 200 litros	12
Figura 2 – Vistas superior e frontal do reator	13
Figura 3 – Detalhes dos furos do reator	14
Figura 4 – Detalhe da curva interna da saída do biofertilizante	14
Figura 5 – Detalhe das conexões instaladas	15
Figura 6 – Detalhe do tubo de alimentação do reator	16
Figura 7 – Filtros de H ₂ S e CO ₂	17
Figura 8 – Detalhes do filtro de H ₂ S	19
Figura 9 – Detalhes do filtro de CO ₂	20
Figura 10 – Câmaras de Ar para armazenamento do gás metano	23
Figura 11 – Abastecimento do reator	24
Figura 12 – Chama acesa em um fogão adaptado	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ferramentas para construção do biodigestor	10
Tabela 2 – Materiais utilizados para a construção do biodigestor.....	11

1. APRESENTAÇÃO

Este manual técnico tem como finalidade apresentar, de forma sistematizada e acessível, os procedimentos necessários para a construção de um biodigestor de baixo custo, utilizando materiais simples e de fácil aquisição.

O desenvolvimento deste protótipo está fundamentado na necessidade de promover soluções sustentáveis para o tratamento de resíduos orgânicos, especialmente em contextos rurais e educacionais, possibilitando a geração de biogás e biofertilizante.

A proposta deste manual está alinhada à disseminação de tecnologias sociais, permitindo que o sistema possa ser replicado por diferentes usuários, sem a necessidade de mão de obra altamente especializada.

2. OBJETIVO

O presente manual tem como objetivo orientar, de forma técnica e prática, a construção de um biodigestor anaeróbio em escala reduzida, possibilitando sua replicação.

Especificamente, busca-se:

- Apresentar os componentes do sistema;
- Detalhar o processo construtivo passo a passo;
- Orientar a operação do biodigestor;
- Garantir segurança e eficiência no funcionamento.

3. PÚBLICO-ALVO

Este manual é destinado a:

- Agricultores familiares;
- Técnicos da área agropecuária e ambiental;
- Estudantes e pesquisadores;
- Instituições de ensino;
- Comunidades interessadas em tecnologias sustentáveis.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O biodigestor apresentado neste manual consiste em um sistema anaeróbio do tipo batelada/semi-contínuo, construído a partir de uma bombona plástica, no qual ocorre a decomposição da matéria orgânica na ausência de oxigênio.

Durante esse processo, microrganismos degradam o material orgânico, resultando na produção de:

- Biogás, composto principalmente por metano (CH_4);
- Biofertilizante, subproduto rico em nutrientes.

O sistema é composto pelos seguintes elementos:

- Reator (bombona);
- Tubo de alimentação;
- Saída de biofertilizante;
- Saída de biogás;
- Filtro de H_2S ;
- Filtro de CO_2 ;
- Sistema de armazenamento do gás.

5. COMPONENTES DO SISTEMA

5.1. Reator (Bombona)

Estrutura principal onde ocorre a digestão anaeróbia.

5.2. Sistema de Alimentação

Responsável pela inserção da biomassa no interior do biodigestor.

5.3. Sistema de Saída de Material

Permite a retirada do material já estabilizado (biofertilizante).

5.4. Saída de Biogás

Responsável pela condução do gás gerado até o sistema de filtragem.

5.5. Sistema de Filtragem

Composto por dois estágios:

- Remoção de sulfeto de hidrogênio (H_2S);
- Redução do dióxido de carbono (CO_2).

5.6. Sistema de Armazenamento

Realizado por meio de câmaras de ar de pneus, permitindo armazenamento flexível do biogás.

6. FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

Para a construção do biodigestor, são necessárias as seguintes ferramentas:

Tabela 1 – Ferramentas para construção do biodigestor

Ferramenta	Imagem	Aplicação principal
Furadeira elétrica		Perfuração do reservatório e componentes
Serra copo		Abertura de furos com diâmetros específicos
Estilete		Corte de mangueiras e ajustes finos
Lixa		Acabamento e remoção de rebarbas
Chave de aperto		Fixação e ajuste de conexões
Trena		Medição de distâncias e marcações
Marcador permanente		Marcação de pontos de corte e perfuração
Arco de serra		Para corte dos tubos e conexões

Fonte: Autor (2026).

7. MATERIAIS UTILIZADOS

Tabela 2 – Materiais utilizados para a construção do biodigestor

Imagem do item	Material	Quantidade
	Bombona 200 litros	1 un.
	Tubo de PVC 100 mm (esgoto)	2 m
	Cap PVC 100 mm	1 un.
	Flange PVC 50 mm	1 un.
	Curva PVC 90° – 50 mm	1 un.
	Adaptador soldável curto 50 mm	1 un.
	Registro PVC de esfera 50 mm	1 un.
	Flange PVC 25 mm	1 un.
	Registro PVC de esfera 25 mm	1 un.
	Tubo PVC 25 mm	2 un.
	Luva PVC L/R 25 mm × 3/4”	3 un.
	Registro de esfera para irrigação 14 mm	3 un.
	Mangueira de jardim 1/2”	4 un.
	Adaptador cotovelo 1/2” espigão 1/2”	2 un.
	Adaptador mangueira 1/2” × 1/2”	3 un.
	Adaptador mangueira 1/2”	1 un.
	Cap PVC 50 mm	2 un.
	Tubo PVC 50 mm	1 un.
	Luva de união PVC 50 mm	1 un.
	Vidro com tampa plástica 3 lts	1 un.
	Flange PVC 32 mm	1 un.
	Tê PVC 32 mm	1 un.
	Luva de redução 32 mm × 20 mm	2 un.
	Abraçadeira para mangueira 1/2”	6 un.
	Câmaras de ar usadas	1 un.
	Cola para tubos pvc	1 un.
	Palha de aço	2 un.

Fonte: Autor (2026).

8. PROCEDIMENTO DE CONSTRUÇÃO

A construção do reator anaeróbio deve ser realizada de forma sequencial, obedecendo às etapas de marcação, perfuração, instalação das conexões e vedação. Recomenda-se que todas as medições sejam conferidas antes da execução dos furos, a fim de evitar desalinhamentos, interferências entre componentes e perda da estanqueidade do sistema.

A bombona utilizada como reator deve estar limpa, seca e em boas condições estruturais, sem trincas, deformações excessivas ou danos na tampa e nas paredes laterais. Antes do início da montagem, o reservatório deve ser posicionado sobre superfície plana e estável, facilitando a marcação e a execução dos cortes.

Figura 1 – Bombona plástica capacidade volumétrica de 200 litros



Fonte: Autor (2026).

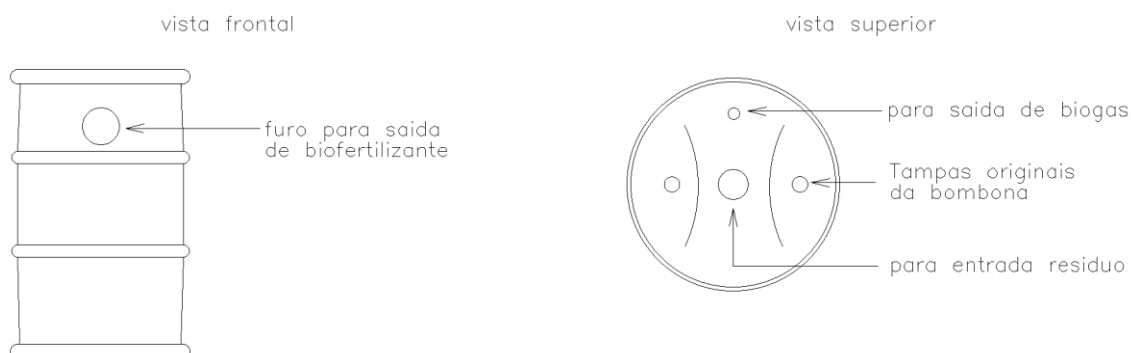
8.1. Preparação da Bombona

Inicialmente, deve-se realizar a limpeza interna e externa da bombona, removendo resíduos, poeira, graxa ou qualquer material que possa comprometer a aderência dos vedantes e a montagem dos componentes. Após a higienização, a bombona deve ser posicionada em superfície nivelada, com a tampa voltada para cima, para permitir a marcação correta dos pontos de perfuração.

Nesta etapa, recomenda-se definir previamente a posição de cada componente do sistema, observando a distribuição espacial entre entrada de alimentação, saída de biogás e saída

de biofertilizante, de modo a evitar sobreposição de conexões e facilitar futuras operações de abastecimento, limpeza e manutenção.

Figura 2 – Vistas superior e frontal do reator



Fonte: Autor (2026).

8.2. Perfuração dos Orifícios

Após a preparação da bombona, devem ser marcados os pontos de perfuração destinados à instalação dos sistemas de alimentação, coleta de biogás e retirada de biofertilizante. A marcação deve ser feita com trena e marcador permanente, respeitando o diâmetro e a posição de cada componente.

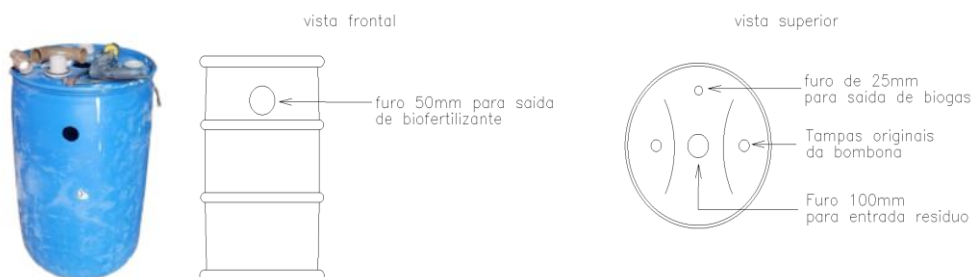
Os orifícios do reator devem ser executados da seguinte forma:

- Orifício superior de 100 mm: destinado à instalação do tubo de alimentação do biodigestor;
- Orifício superior de 25 mm: destinado à instalação da saída de biogás;
- Orifício lateral de 50 mm: destinado à instalação da saída de biofertilizante e renovação do material digerido.

A perfuração deve ser realizada com furadeira elétrica equipada com serra copo compatível com o diâmetro de cada conexão. Durante o procedimento, recomenda-se manter a ferramenta em posição perpendicular à superfície da bombona, a fim de garantir bordas regulares e melhor assentamento dos flanges.

Após a abertura dos orifícios, as bordas devem ser inspecionadas e, se necessário, regularizadas com lixa ou estilete para remoção de rebarbas. Esse cuidado é fundamental para garantir melhor vedação e evitar deformações nos componentes instalados.

Figura 3 – Detalhes dos furos do reator



Fonte: Autor (2026).

8.3. Instalação da saída de biofertilizante

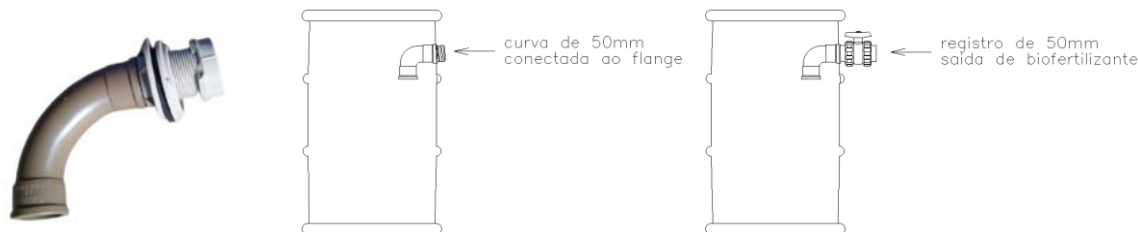
A saída de biofertilizante deve ser instalada em orifício lateral de 50 mm, posicionado em nível adequado para permitir a retirada do material digerido sem comprometer a estabilidade do sistema. Essa saída tem a função de possibilitar a renovação parcial do conteúdo do biodigestor e a coleta do biofertilizante produzido.

No orifício lateral deve ser instalado um flange compatível, seguido de tubulação externa composta por conexões, adaptadores e registro de controle. Internamente, pode ser instalado prolongamento da tubulação para facilitar a comunicação com a massa líquida presente no reator.

A configuração da saída deve permitir operação simples, abertura controlada e fechamento eficiente. O registro instalado nesse ponto deve permanecer fechado durante a fase de digestão e ser aberto apenas em operações de retirada de efluente ou manutenção.

Assim como nas demais conexões, toda a interface entre o flange e a parede da bombona deve ser vedada com selante, garantindo ausência de vazamentos.

Figura 4 – Detalhe da curva interna da saída do biofertilizante



Fonte: Autor (2026).

8.4. Instalação da saída de biogás

A saída de biogás deve ser instalada no orifício superior de 25 mm, em ponto distinto da entrada de alimentação, de modo a permitir a coleta do gás acumulado na região superior do reator. Esse posicionamento é necessário porque o biogás, por ser menos denso que o substrato líquido, se concentra naturalmente no espaço livre acima da biomassa.

No orifício de 25 mm deve ser instalado um flange compatível, conectado a um registro e aos adaptadores necessários para a ligação da mangueira de condução do biogás. Todas as conexões rosqueáveis devem receber vedação com fita veda-rosca, enquanto as superfícies de contato com a bombona devem ser seladas com vedante apropriado.

Após a instalação, recomenda-se verificar o alinhamento da tubulação e confirmar que a conexão não apresenta tensões mecânicas excessivas, evitando fissuras ou afrouxamentos durante o uso. A condução do gás deve seguir posteriormente para o sistema de filtragem.

Figura 5 – Detalhe das conexões instaladas



Fonte: Autor (2026).

8.5. Instalação do sistema de alimentação

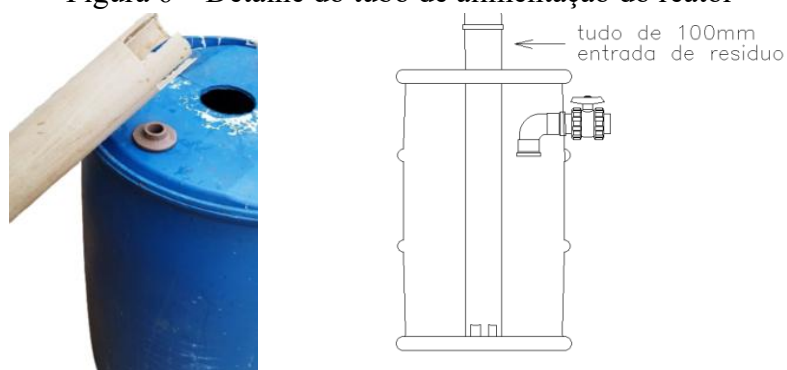
O sistema de alimentação deve ser instalado no orifício superior de 100 mm, utilizando tubo de PVC com comprimento suficiente para conduzir o substrato até a região inferior do reator. Esse arranjo favorece a distribuição do material introduzido e reduz a formação de zonas mortas próximas à entrada.

Na extremidade do tubo posicionada no interior da bombona, devem ser realizados três cortes longitudinais, igualmente distribuídos, com o objetivo de facilitar a saída do substrato e promover melhor dispersão da biomassa no interior do sistema. Esses cortes também reduzem o impacto direto do fluxo sobre o material já presente no reator.

Na parte externa, a tubulação deve ser complementada com adaptadores e tampa removível, permitindo a abertura para alimentação e o fechamento do sistema durante a operação. O fechamento superior deve permanecer vedado sempre que o biodigestor não estiver sendo abastecido, de modo a impedir a entrada de oxigênio.

A vedação entre a bombona e os componentes do sistema de alimentação deve ser executada com selante apropriado, aplicado em toda a interface de contato entre a parede do reservatório e a conexão instalada. Recomenda-se utilizar selante elástico do tipo PU40, assegurando estanqueidade e resistência mecânica à junção.

Figura 6 – Detalhe do tubo de alimentação do reator



Fonte: Autor (2026)

8.6. Vedação do Sistema

Concluída a instalação dos componentes, deve-se realizar a vedação final de todas as conexões do reator. O selante PU 40 deve ser aplicado de forma contínua, sem interrupções, cobrindo completamente os contornos dos flanges e regiões de assentamento dos componentes.

Após o tempo de cura do vedante, recomenda-se realizar inspeção visual completa em todas as conexões, verificando:

- alinhamento das tubulações;
- firmeza mecânica dos componentes;
- integridade das bordas perfuradas;
- uniformidade da vedação aplicada.

Essa etapa é indispensável para garantir o funcionamento adequado do biodigestor em condição anaeróbia.

9. SISTEMA DE FILTRAGEM DO BIOGÁS

O sistema de filtragem tem como finalidade melhorar a qualidade do biogás produzido no biodigestor, removendo compostos indesejáveis que podem comprometer o desempenho energético e causar danos aos equipamentos de utilização.

O biogás bruto gerado no processo anaeróbio é composto, principalmente, por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), podendo conter também sulfeto de hidrogênio (H_2S), vapor d'água e outros gases em menores proporções. Dentre esses, o H_2S é altamente corrosivo e o CO_2 reduz o poder calorífico do gás, sendo necessária sua remoção parcial.

O sistema adotado neste trabalho é composto por dois estágios de filtragem em série:

- Filtro de remoção de sulfeto de hidrogênio (H_2S);
- Filtro de redução de dióxido de carbono (CO_2).

Ambos os filtros foram construídos com materiais de baixo custo, priorizando simplicidade construtiva, facilidade de manutenção e eficiência operacional.

9.1. Configuração geral do sistema de filtragem

O sistema de filtragem é instalado após a saída de biogás do reator, sendo interligado por mangueiras flexíveis, garantindo a condução do gás entre os estágios de tratamento.

A sequência operacional do sistema é definida da seguinte forma:

1. Saída de biogás do biodigestor;
2. Filtro de H_2S ;
3. Filtro de CO_2 ;
4. Sistema de armazenamento do gás.

Essa configuração permite que o biogás seja progressivamente purificado antes de seu armazenamento e utilização.

9.2. Filtro de Remoção de Sulfeto de Hidrogênio

Figura 7 - Filtros de H_2S e CO_2



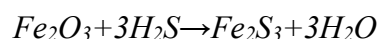
Fonte: Autor (2026)

9.2.1. Princípio de funcionamento

O filtro de H₂S tem como objetivo remover o sulfeto de hidrogênio presente no biogás, gás responsável por odor desagradável (característico de ovo podre) e elevado potencial corrosivo.

A remoção ocorre por meio de reações químicas entre o H₂S e materiais metálicos, como a lã ou esponja de aço (rica em ferro), promovendo a oxidação do sulfeto de hidrogênio e a retenção do enxofre na forma de compostos sólidos, reduzindo sua concentração no fluxo gasoso (RYCKEBOSCH; DROUILLON; VERVAEREN, 2011; ABATZOGLOU; BOIVIN, 2009).

De forma simplificada, o processo pode ser representado pela seguinte reação:



9.2.2. Construção do Filtro

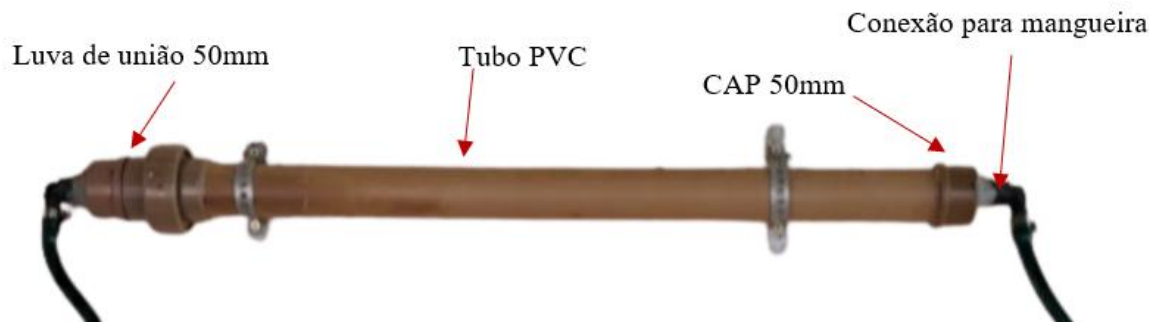
O filtro é constituído por um tubo de PVC de 50mm, dois caps de 50mm e dois adaptadores para mangueira tipo espigão, e uma luva de união 50mm, devidamente vedado nas extremidades, com conexões de entrada e saída para o fluxo de biogás.

O processo construtivo deve seguir as seguintes etapas:

- Cortar tubo de PVC em dimensões equivalentes a 30cm x 50mm;
- Instalar os dois CAP de 50mm com colar nas extremidades
- Fazer furos de 20mm nos tampões (caps) para instalação das conexões de entrada e saída do gás;
- Fixar as conexões utilizando adesivo para PVC e selante, garantindo vedação completa;
- Cortar tubo próximo de uma das extremidades e instale a luva de união 50mm;
- Colocar palhas de aço no interior do tubo, preenchendo o volume útil do filtro;
- Juntar a luva de união e deixe pronto para receber o gás vindo do biodigestor

É fundamental que todas as conexões estejam devidamente vedadas, evitando vazamentos e perda de eficiência do sistema.

Figura 8 – Detalhes do filtro de H₂S



Fonte: Autor (2026)

9.2.3. Instalação do Filtro H₂S

O filtro deve ser conectado diretamente à saída de biogás do biodigestor, utilizando mangueira adequada para condução de gás.

As conexões devem ser fixadas com abraçadeiras metálicas, garantindo firmeza e evitando desprendimentos durante a operação. Recomenda-se verificar o alinhamento da tubulação e evitar dobras excessivas na mangueira, que possam restringir o fluxo do gás.

9.2.4. Manutenção do filtro de H₂S

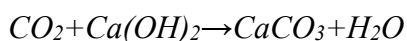
Com o tempo de uso, o material metálico presente no interior do filtro sofre saturação, reduzindo sua eficiência. Dessa forma, é necessário realizar inspeções periódicas e substituição da bucha de aço quando houver redução perceptível na qualidade do gás ou presença de odor característico.

9.3. Filtro de redução de dióxido de carbono (CO₂)

9.3.1. Princípio de funcionamento

O filtro de CO₂ tem como objetivo reduzir a concentração de dióxido de carbono no biogás, aumentando a proporção de metano e, conseqüentemente, seu poder calorífico.

Neste sistema, foi utilizada cal hidratada (Ca(OH)₂) como agente de absorção do CO₂. O processo ocorre por meio da seguinte reação química:



Nessa reação, o dióxido de carbono reage com a cal hidratada, formando carbonato de cálcio (CaCO_3), que permanece retido no interior do filtro, promovendo a purificação do biogás (RYCKEBOSCH; DROUILLON; VERVAEREN, 2011; ABATZOGLOU; BOIVIN, 2009).

9.3.2. Construção do filtro

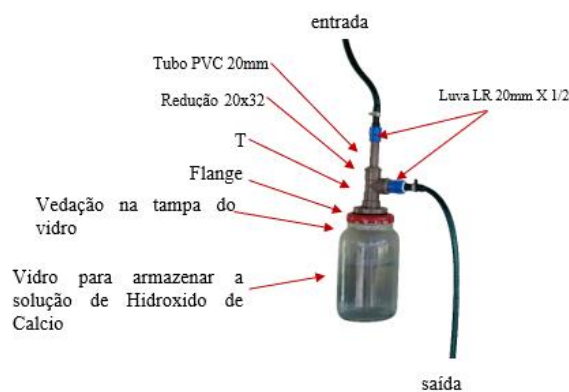
O filtro de CO_2 possui configuração um pouco diferente ao filtro de H_2S , sendo constituído por tubo vidro com tampa plástica onde será feita entrada e saída de gás.

O procedimento construtivo inclui:

- Fazer um furo de 32mm na tampa plástica;
- Colocar uma flange de 32mm nesta tampa;
- Soldar “T” 32mm nesta flange;
- Cortar 40cm de tubo PVC de 20mm, este tubo deve ser introduzido pelo T de forma que vai até o fundo do vidro;
- Colocar uma luva de redução 32 x 20mm para fazer a fixação do tubo de 20mm no T de 32mm;
- Colocar uma luva LR na saída do T e no Tbo de 20mm;
- Colocar adaptador para mangueira nas duas luvas LR;
- Colocar 3 colheres de Cal hidratada e colocar água até meio do vidro;
- Fazer a vedação da tampa com selante elástico PU40.

A quantidade de material deve ser suficiente para garantir contato adequado entre o gás e o meio reagente, maximizando a eficiência do processo de absorção.

Figura 9 – Detalhes do filtro de CO_2



Fonte: Autor (2026)

9.3.3. Instalação do filtro

O filtro de CO₂ deve ser instalado após o filtro de H₂S, mantendo a sequência do sistema de purificação. A conexão entre os filtros deve ser realizada por mangueira flexível, devidamente fixada com abraçadeiras. Essa configuração assegura que o gás já esteja parcialmente purificado antes de entrar no segundo estágio de tratamento.

9.3.4. Manutenção do filtro de CO₂

Com o tempo de operação, a cal hidratada reage com o CO₂ e perde sua capacidade de absorção, sendo necessário realizar sua substituição periódica. A frequência de manutenção dependerá do volume de gás produzido e da concentração de CO₂ presente no biogás. Recomenda-se inspeção visual do material interno e substituição sempre que houver redução na eficiência do sistema.

9.4. Verificação do sistema de filtragem

Após a montagem completa dos filtros, deve-se realizar verificação do sistema, observando:

- Existência de vazamentos nas conexões;
- Continuidade do fluxo de gás;
- Integridade das mangueiras e abraçadeiras;
- Estanteidade dos filtros.

Caso sejam identificadas falhas, estas devem ser corrigidas antes da operação do biodigestor.

9.5. Considerações operacionais

O sistema de filtragem desenvolvido apresenta as seguintes características:

- Baixo custo de implementação;
- Facilidade de construção;
- Simplicidade de manutenção;
- Eficiência adequada para aplicações em pequena escala.

A utilização dos filtros contribui diretamente para a melhoria da qualidade do biogás, aumentando sua eficiência energética e reduzindo impactos negativos nos equipamentos de uso final.

10. SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS

O sistema de armazenamento tem como função acumular o biogás produzido no biodigestor após o processo de filtração, permitindo seu uso posterior de forma controlada e segura. Neste projeto, foi adotado um sistema de armazenamento de baixo custo utilizando câmaras de ar de pneus, devido à sua flexibilidade, resistência e capacidade de expansão conforme o volume de gás produzido.

10.1. Princípio de funcionamento

O armazenamento ocorre por meio do enchimento gradual da câmara de ar com o biogás proveniente do sistema de filtração. À medida que o gás é produzido, a câmara se expande, armazenando o volume gerado sem necessidade de pressurização elevada.

Esse sistema apresenta as seguintes vantagens:

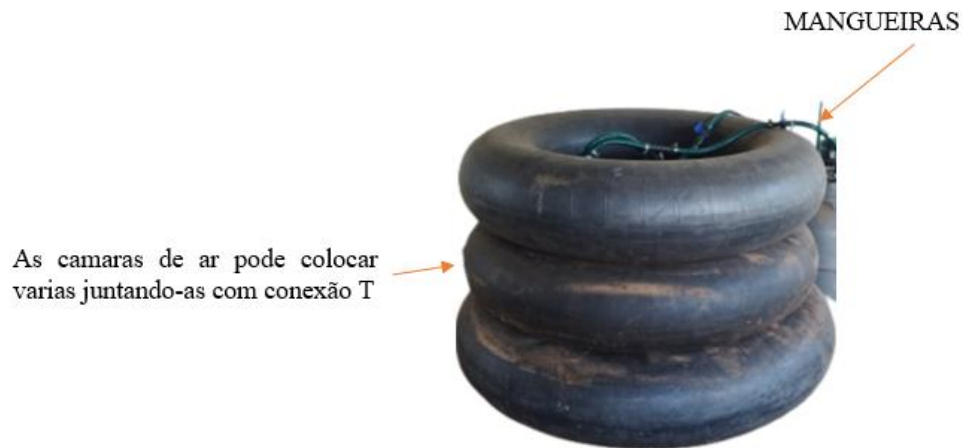
- Baixo custo de implementação;
- Facilidade de montagem;
- Segurança operacional (baixa pressão);
- Visualização direta do volume armazenado.

10.2. Montagem do sistema de armazenamento

A montagem deve seguir as seguintes etapas:

- Selecionar câmara de ar em bom estado, sem perfurações ou desgaste excessivo;
- Retirar válvula da câmara para conexão com mangueira de gás;
- Conectar a saída do filtro de CO₂ à entrada da câmara por meio de mangueira flexível;
- Fixar as conexões com abraçadeiras metálicas, garantindo vedação;
- Posicionar a câmara em superfície protegida, evitando contato com objetos perfurantes.

Figura 10 – Câmaras de Ar para armazenamento do gás metano



Fonte: Autor (2026)

10.3. Considerações de segurança

O armazenamento deve ocorrer em local ventilado, protegido do sol e distante de fontes de ignição. Apesar da baixa pressão do sistema, o biogás é inflamável e deve ser manuseado com cautela.

11. ABASTECIMENTO DO BIODIGESTOR

O abastecimento do biodigestor consiste na introdução controlada de matéria orgânica diluída, garantindo condições adequadas para o processo de digestão anaeróbia.

11.1. Substrato

Utilizar esterco bovino, com as seguintes condições:

- Esterco fresco 80 litros;
- Proporção de diluição: 1:1 (esterco:água).

11.2. Volume de alimentação

O reator tem volume útil para 160 litros de substrato.

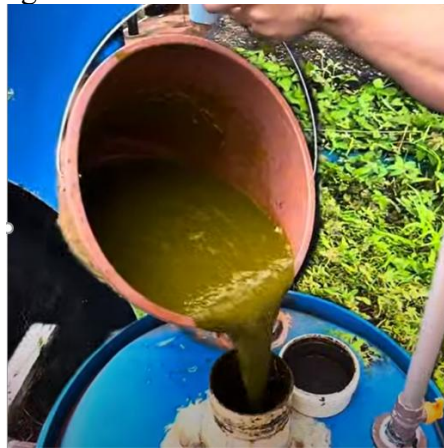
Com base no tempo de detenção hidráulica, adotou-se regime de alimentação semanal, com reposição proporcional ao volume útil do sistema.

11.3. Procedimento de abastecimento

O abastecimento deve seguir:

- Abrir do sistema de alimentação;
- Introduzir da mistura previamente homogeneizada;
- Fechar imediato do sistema para evitar entrada de oxigênio.

Figura 11 – Abastecimento do reator



Fonte: Autor (2026)

12. TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA (TDH)

O TDH representa o tempo médio que o substrato permanece no interior do biodigestor.

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

Onde:

- V = volume útil do biodigestor
- Q = volume diário de alimentação

O controle do TDH é fundamental para garantir eficiência na produção de biogás.

12.1. Comportamento observado

- Início da produção de gás: aproximadamente 20 dias;

- Pico de produção: fase intermediária;
- Redução da produção: após aproximadamente 52 dias.

13. PRODUÇÃO E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS

A produção média observada foi de aproximadamente:

- 450 gramas de biogás por semana

13.1. Teste de utilização em fogão

O biogás foi utilizado em fogão adaptado, apresentando:

Figura 12 – Chama acesa em um fogão adaptado



Fonte: Autor (2026)

14. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE

Durante o processo de digestão anaeróbia, ocorre a formação de biofertilizante líquido, rico em nutrientes.

14.1. Aplicação

O biofertilizante pode ser utilizado na agricultura, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo.

15. CONSIDERAÇÕES OPERACIONAIS E MANUTENÇÃO

Para garantir o bom funcionamento do sistema, devem ser observadas as seguintes recomendações:

15.1. Operação

- Manter vedação adequada;
- Evitar entrada de oxigênio;
- Controlar frequência de abastecimento;
- Monitorar produção de gás.

15.2. Manutenção

- Verificar vazamentos periodicamente;
- Substituir materiais filtrantes;
- Limpar tubulações quando necessário;
- Inspeccionar conexões e vedação.

15.3. Segurança

- Operar em local ventilado;
- Evitar fontes de ignição próximas;
- Não pressurizar excessivamente o sistema.



TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

x Produto técnico e educacional - Tipo: **Manual/protocolo**

Nome completo do autor:

GILSON REIS DOS SANTOS

Matrícula:

2024101330940006

Título do trabalho:

MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30 / 06 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí - GO

31 / 05 / 2026



Documento assinado digitalmente

GILSON REIS DOS SANTOS

Data: 31/05/2026 16:05:24-0300

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

Local

Data

Ass



Documento assinado digitalmente

JOSE ANTONIO RODRIGUES DE SOUZA

Data: 31/05/2026 19:02:21-0300

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

Titos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 50/2026 - REPG-URT/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MESTRADO

Aos trinta dias de abril do ano de dois mil e vinte e seis às quinze horas, reuniram-se os membros da banca examinadora em sessão pública realizada virtualmente para proceder à avaliação da defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de mestrado profissional, de autoria de **Gilson Reis dos Santos**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado: **MANUAL PARA CONSTRUÇÃO DE BIODIGESTOR DE BAIXO CUSTO**. A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, Prof. Dr. **José Antônio Rodrigues de Souza (Orientador)** que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor para, em até 40 minutos, proceder à apresentação de seu Trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o candidato, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação e parecer pela banca. Tendo-se em vista o Regulamento do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, o Trabalho de Conclusão de Curso foi **APROVADO**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, na área de concentração em **Ciências Ambientais**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do comprovante de depósito da versão definitiva do Trabalho de Conclusão de Curso, com as devidas correções apontadas pela banca e orientador, junto ao Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. Cumpridas as formalidades, a presidência da banca avaliadora encerrou a sessão de defesa e, para constar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. José Antônio Rodrigues de Souza	IF Goiano	Orientador/Presidente
Prof. Dr. Gilson Dourado da Silva	IF Goiano	Membro interno
Dr ^a . Ellen Lemes Silva	Bolsista FAPEG	Membra externa

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Antonio Rodrigues de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 02/06/2026 09:02:36.
- **Gilson Dourado da Silva, REITOR(A) - SUB-CHEFIA - IFGOIANO**, em 02/06/2026 14:02:13.
- **Ellen Lemes Silva, 049.312.591-46 - Usuário Externo**, em 03/06/2026 12:13:37.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/04/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 814328

Código de Autenticação: 673819f93d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAÍ / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900