

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec PROFESSOR CARMELINO CORREIA JUNIOR**

**Curso Técnico em Agropecuária**

**Paola Almeida Fernandes de Souza**

**Laura Leão Porto**

**Marina Cristina Ferreira**

**Biodigestores como solução para o tratamento de dejetos suínos**

**Franca**

**2025**

**Paola Almeida Fernandes de Souza**

**Laura Leão Porto**

**Marina Cristina Ferreira**

## **Biodigestores como solução para o tratamento de dejetos suínos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Agropecuária da ETEC Professor Carmelino Correia Junior, orientado pelo Professor Clayson Correia de Souza como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Agropecuária.

**Franca**

**2025**

## **RESUMO**

O presente Trabalho de Conclusão de Curso aborda a utilização de biodigestores como solução sustentável para o tratamento de dejetos suínos em propriedades rurais. A pesquisa destaca os impactos ambientais do descarte inadequado desses resíduos e analisa a biodigestão anaeróbia como alternativa tecnológica capaz de reduzir a poluição do solo, da água e do ar, além de contribuir para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa. O estudo evidencia ainda os benefícios econômicos e sociais do aproveitamento do biogás e do biofertilizante, ressaltando a viabilidade técnica e a importância de políticas públicas e assistência técnica para a adoção do sistema. Conclui-se que os biodigestores representam uma alternativa eficiente para conciliar produtividade agropecuária, preservação ambiental e sustentabilidade energética.

**Palavras chave:** Biodigestor; Biofertilizante; Biogás; Dejetos Suínos.

## **ABSTRACT**

This Final Paper addresses the use of biodigesters as a sustainable solution for the treatment of swine waste in rural properties. The research highlights the environmental impacts of improper waste disposal and analyzes anaerobic digestion as a technological alternative capable of reducing soil, water, and air pollution, as well as mitigating greenhouse gas emissions. The study also emphasizes the economic and social benefits of biogas and biofertilizer production, pointing out the technical feasibility and the relevance of public policies and technical support for system adoption. It concludes that biodigesters represent an efficient alternative to reconcile agricultural productivity, environmental preservation, and energy sustainability.

**Keywords:** Biodigester; Biofertilizer; Biogas; Swine Waste.

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1. Importância de tratamento dos dejetos suínos	6
2.2. Poluição da Água, do Solo e do Ar	6
2.3. Carga Orgânica Elevada e Presença de Patógenos	6
<b>3. TRATAMENTO ANAERÓBICO PARA DEJETOS SUÍNOS</b>	<b>8</b>
3.1 O que é biodigestão anaeróbica	8
3.2 Benefícios ambientais, sanitários e energéticos	8
3.3 Limitações, obstáculos e considerações para adoção	9
<b>4. BENEFÍCIOS DO USO DE BIODIGESTORES NA SUINOCULTURA: GERAÇÃO DE ENERGIA (BIOGÁS)</b>	<b>10</b>
4.2 Benefícios da Geração de Energia (Biogás)	10
4.3. Discussão	11
<b>5. ASPECTOS TÉCNICOS DO USO DE DEJETOS SUÍNOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS</b>	<b>13</b>
5.1. Alta Carga Orgânica e Produção de Biogás	13
5.2. Separação de Sólidos e Desempenho do Sistema	13
5.3. Modelos de Biodigestores Utilizados	14
5.4. Monitoramento Operacional: Temperatura, pH e Carga Orgânica	14
5.5. Temperatura	14
5.6. pH	14
5.7. Carga Orgânica	14
<b>6. VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>16</b>
6.2. Custos de implantação do biodigestor	16
6.3. Retorno sobre o investimento (ROI)	16
6.4. Sustentabilidade e valorização ambiental	16

<b>7.DESAFIOS E CUIDADOS</b>	17
7.1. Medidas Preventivas e Boas Práticas	17
7.1.1. Prevenção de Incêndios	17
7.1.2. Proteção Estrutural do Biodigestor	17
7.1.3. Boas Práticas com Base na CIPA (NR-5)	18
<b>8.CONCLUSÃO</b>	19
<b>9. REFERÊNCIAS</b>	20

## 1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma das atividades agropecuárias mais expressivas do Brasil, contribuindo significativamente para a economia nacional. Contudo, esse setor também enfrenta grandes desafios ambientais, principalmente relacionados ao manejo inadequado dos dejetos gerados durante a criação intensiva dos animais. Esses resíduos, quando descartados de forma incorreta, podem causar sérios impactos ambientais, como contaminação do solo, poluição de corpos d'água e emissão de gases de efeito estufa, além de representar riscos à saúde pública.

Diante desse cenário, torna-se urgente a busca por alternativas sustentáveis que aliem o desenvolvimento econômico à preservação ambiental. Nesse contexto, os biodigestores surgem como uma tecnologia promissora para o tratamento dos dejetos suínos. Por meio do processo de digestão anaeróbia, os biodigestores permitem o reaproveitamento dos resíduos orgânicos para a geração de biogás e biofertilizante, promovendo a redução da carga poluidora e a valorização dos resíduos agropecuários. A adoção dessa tecnologia é viável em pequenas e médias propriedades, desde que haja suporte técnico e políticas de incentivo adequadas.

Esse TCC tem como objetivo geral analisar a viabilidade e os benefícios da utilização de biodigestores como solução para o tratamento dos dejetos suínos em propriedades rurais. Abordando temas sobre os impactos ambientais do descarte inadequado de dejetos na suinocultura, benefícios do uso de biodigestores e até viabilidade econômica.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Importância de tratamento dos dejetos suínos**

A suinocultura, embora economicamente relevante, é uma atividade que gera grandes volumes de resíduos orgânicos com elevado potencial poluente. Quando os dejetos suínos não são adequadamente tratados, causam sérios danos ao meio ambiente, afetando principalmente os recursos hídricos, o solo, o ar e representando riscos à saúde pública.

### **2.2. Poluição da Água, do Solo e do Ar**

A disposição inadequada de dejetos suínos em áreas agrícolas, especialmente sem o devido tratamento, é um dos principais fatores de contaminação ambiental nas regiões produtoras. Em estudo realizado no Cinturão Verde do município de Ilha Solteira (SP), foi constatado que 100% das propriedades avaliadas descartavam os dejetos líquidos diretamente no solo, sem qualquer tratamento preliminar, o que representa um risco significativo de contaminação do solo e da água subterrânea e superficial (DURIGAN et al., 2013).

De acordo com os dados da pesquisa, cada propriedade produz, em média, 382,4 litros de dejetos por dia, totalizando milhões de litros por ano em áreas de pequena escala. O solo torna-se sobrecarregado com excesso de nutrientes (como nitrogênio e fósforo), além da presença de coliformes fecais e metais pesados, que podem atingir os lençóis freáticos e contaminar cursos d'água próximos (DURIGAN et al., 2013).

Além da poluição do solo e da água, os dejetos em decomposição emitem gases como amônia (NH<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), contribuindo para o aumento do efeito estufa e gerando odores desagradáveis, afetando a qualidade do ar nas imediações das propriedades suinícolas (MOREIRA; ALMEIDA, 2014).

### **2.3. Carga Orgânica Elevada e Presença de Patógenos**

Os dejetos de suínos possuem uma elevada carga orgânica, caracterizada pela presença de fezes, urina, restos de ração, água de lavagem e outras substâncias. Isso os torna extremamente poluentes, com potencial de contaminação maior que o esgoto doméstico comum (MOREIRA; ALMEIDA, 2014).

Outro aspecto crítico está na presença de microrganismos patogênicos, como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Giardia*, além de vírus entéricos, que representam riscos diretos à saúde humana e animal. Segundo Durigan et al. (2013), as análises realizadas indicaram um número estimado de  $2,25 \times 10^{12}$  colônias de coliformes fecais

produzidas por dia na região estudada, evidenciando o potencial de disseminação de doenças por meio da água contaminada ou do uso agrícola inadequado desses resíduos.

Quando esses dejetos são aplicados no solo como fertilizante, sem tratamento adequado, podem veicular patógenos para o ambiente, atingindo alimentos e contaminando cadeias produtivas agrícolas, além de afetar a fauna e a flora local (MOREIRA; ALMEIDA, 2014).

### **3. TRATAMENTO ANAERÓBICO PARA DEJETOS SUÍNOS**

A suinocultura é uma atividade de relevante importância econômica no Brasil, gerando emprego, renda e alimento. Contudo, sua expansão tem trazido consigo desafios ambientais e sanitários significativos, principalmente relacionados ao manejo inadequado dos dejetos suínos, que podem causar poluição de solo e água, emissão de gases de efeito estufa, odores e proliferação de agentes patogênicos. Neste contexto, os biodigestores, mediante o processo de biodigestão anaeróbica, surgem como alternativa tecnológica promissora. Esse processo transforma matéria orgânica presente nos dejetos suínos, em ambiente sem oxigênio, em biogás — fonte de energia renovável — e em biofertilizante — resíduo com valor agrônomo — contribuindo assim tanto para mitigação dos impactos ambientais quanto para benefícios econômicos e de saúde pública. Este capítulo examina o funcionamento dos biodigestores anaeróbicos aplicados à suinocultura, os benefícios (ambientais, sanitários e socioeconômicos), os fatores que afetam sua eficiência, bem como limitações e condições para sua adoção bem-sucedida. (OLIVEIRA, 2006)

#### **3.1 O que é biodigestão anaeróbica**

Biodigestão anaeróbica é um processo biológico no qual microrganismos degradam matéria orgânica na ausência de oxigênio, gerando principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), além de outros gases menores, e deixando como resíduo estabilizado o digestato (ou biofertilizante) que contém nutrientes úteis para as plantas. As condições operacionais como temperatura, pH, tempo de residência hidráulica, teor de sólidos e se há ou não separação de fração sólida, influenciam fortemente a eficiência do processo. (CETESB, 2024)

#### **3.2 Benefícios ambientais, sanitários e energéticos**

A produção de biogás e biofertilizante em biodigestores alternativos de pequeno porte mostrou que, apesar de volumes modestos, há viabilidade para pequenos produtores, reduzindo resíduos, produzindo energia caseira (ex: iluminação, cocção) ou reduzindo dependência de energia externa, e fornecendo biofertilizante com nutrientes essenciais. No Brasil, dejetos suínos tratados por digestão anaeróbia demonstraram capacidade de suprir demandas energéticas rurais, além de reduzir a carga poluente lançada no ambiente, mitigando riscos de contaminação de águas superficiais e do solo. (OLIVEIRA, 2006)

### **3.3 Limitações, obstáculos e considerações para adoção**

A implantação de sistemas de biodigestores enfrenta diversos desafios, começando pelo alto custo inicial, que envolve construção, vedação, equipamentos de captação de gás e infraestrutura para uso do biogás ou tratamento do digestato. Além disso, a operação exige manutenção técnica constante, com monitoramento de variáveis operacionais e ações preventivas para evitar falhas que possam comprometer a produção ou gerar riscos sanitários. Outro obstáculo é a limitada aceitação e o baixo conhecimento técnico por parte de muitos produtores, agravado pela escassez de assistência técnica e serviços de extensão rural. O aproveitamento adequado dos subprodutos, como o biogás e o digestato, também é essencial, pois sua má gestão pode causar impactos ambientais, como o acúmulo excessivo de nutrientes no solo ou contaminação da água. Por fim, questões regulatórias e a necessidade de políticas públicas eficazes, incluindo licenciamento ambiental, normas técnicas, incentivos e a superação de barreiras locais, são fundamentais para viabilizar e expandir o uso dessa tecnologia no meio rural. (EMBRAPA, 2021)

## **4.BENEFÍCIOS DO USO DE BIODIGESTORES NA SUINOCULTURA: GERAÇÃO DE ENERGIA (BIOGÁS)**

A suinocultura brasileira gera grande quantidade de dejetos orgânicos, cujos impactos ambientais (como contaminação de solo, poluição hídrica e emissão de gases de efeito estufa) são consideráveis quando não há tratamento adequado. Nesse cenário, os biodigestores anaeróbios emergem como uma alternativa que alia tratamento de resíduos com produção de energia renovável por meio do biogás (UTFPR, 2018; EMBRAPA, 2004).

O biogás, produzido pela decomposição microbiana da matéria orgânica na ausência de oxigênio, contém metano e pode ser aproveitado tanto para geração térmica quanto elétrica. Estudo da Embrapa “Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos” apresenta um caso de cogeração de calor e energia elétrica numa propriedade com 200 matrizes, com produção estimada de biogás suficiente para geração elétrica e aproveitamento de calor do motor gerador. ( EMBRAPA 2005-2006 )

Além disso, pesquisa da UTFPR avaliou o potencial de produção de biogás a partir de dejetos suínos, demonstrando que o uso dessa energia pode reduzir significativamente os custos operacionais da suinocultura e melhorar a eficiência energética da propriedade rural. ( UTFPR 2018 )

Outros estudos destacam que o manejo dos dejetos — preservação de sólidos voláteis, controle da diluição com água (como água de limpeza, chuva) — é fundamental para maximizar a produção de biogás e tornar o sistema energeticamente viável. ( EMBRAPA; OLIVEIRA 2005 )

### **4.2 Benefícios da Geração de Energia (Biogás)**

A partir das pesquisas disponíveis, podem-se enumerar benefícios práticos da geração de energia por biogás na suinocultura como a redução de custos com combustíveis, o biogás pode substituir GLP, óleo diesel ou energia elétrica da rede, diminuindo significativamente os gastos com energia em granjas e instalações agrícolas. Isso traz retorno financeiro, principalmente em localidades onde o acesso ou custo de energia convencional é alto. ( UNIDO 2020 )

A autonomia energética de propriedades com biodigestores bem dimensionados podem gerar parte ou toda a energia que consomem, tanto para aquecimento,

iluminação quanto para motorização de equipamentos. Isso reduz dependência de concessionárias ou do preço variável da energia elétrica. ( UTFPR 2018 )

O uso do calor residual (cogeração), o calor que é produzido pela cogeração (motor + gerador) pode ser aproveitado para aquecer água, ambientes de leitões, salas de maternidade, ou para limpeza das instalações, agregando valor energético além da energia elétrica gerada. ( EMBRAPA 2005-2006 )

A melhoria ambiental tem o uso de biodigestores para produção de biogás reduzindo a emissão de metano para a atmosfera, controla odores, evita a contaminação de águas e solos, e diminui o risco sanitário associado a patógenos presentes nos dejetos suínos. ( EMBRAPA 2004 )

A contribuição para políticas de energia renovável em propriedades que geram biogás podem inserir-se em cadeias de geração de energia limpa, participar de programas de incentivo público, créditos de carbono ou subsídios, além de favorecer uma imagem mais sustentável perante consumidores e mercados. ( UNIDO 2020 )

### **4.3. Discussão**

Com base na literatura, fica claro que a geração de energia via biogás é um dos benefícios mais tangíveis e de maior impacto para suinocultores, especialmente em propriedades de médio a grande porte. O retorno financeiro advém tanto da economia em combustíveis quanto da possibilidade de autossuficiência energética. (UTFPR 2018) ( UNIDO 2020 )

No entanto, a viabilidade depende de fatores críticos como o dimensionamento adequado: A escala do biodigestor deve estar alinhada ao volume de dejetos produzidos e ao uso de energia pretendido. ( EMBRAPA 2005-2006 )

Tem que ter um manejo eficiente para minimizar a diluição dos dejetos com água desnecessária, coletar sólidos voláteis, controlar a temperatura e pH são ações fundamentais para maximizar produção. ( EMBRAPA; OLIVEIRA 2005 )

O investimento inicial seria o custo de instalação, aquisição de motogerador, tubulações, filtros, etc. pode ser uma barreira para suinocultores de pequeno porte e precisa da capacitação técnica e manutenção, ou seja, uma operação correta, monitoramento e manutenção rotineira são essenciais para manter o sistema funcionando com eficiência. ( UTFPR 2018 )

Portanto, embora os benefícios sejam muitos, para que o biogás realmente se torne uma fonte de energia confiável e vantajosa na suinocultura, é necessário

planejamento, suporte técnico e eventualmente incentivos ou políticas públicas que reduzam os custos iniciais ou ofereçam assistência técnica. ( UNIDO 2020 )

A geração de energia por biogás, utilizando biodigestores na suinocultura, mostra-se como uma estratégia sustentável e economicamente promissora. Ela possibilita, a diminuição dos custos com energia; a autonomia energética; a utilização de calor residual (cogeração); benefícios ambientais, como redução de danos e emissão de metano; alinhamento com políticas de energias renováveis. Para que esse benefício seja plenamente aproveitado, é essencial que haja dimensionamento correto; manejo eficiente dos dejetos; investimento inicial compatível; capacitação técnica. ( EMBRAPA 2024; UTFPR 2018; UNIDO 2020 )

## **5. ASPECTOS TÉCNICOS DO USO DE DEJETOS SUÍNOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS**

A produção de biogás a partir de dejetos suínos representa uma alternativa. Contudo, a eficiência do processo depende de diversos aspectos técnicos, como a carga orgânica, o tipo de biodigestor, a separação de sólidos e o monitoramento de parâmetros operacionais. Este capítulo discute esses fatores com base em literatura especializada.

### **5.1. Alta Carga Orgânica e Produção de Biogás**

A carga orgânica, representada principalmente pelos sólidos voláteis (SV), é um dos principais fatores que influenciam a produção de biogás. De acordo com Farias et al. (2014), a concentração ideal de sólidos totais (ST) para biodigestores é de 8 a 10%, com carga diária de SV entre 55 e 65 kg/m<sup>3</sup>-dia. Essa condição favorece a atividade microbiana e a conversão dos resíduos em metano.

Além disso, biodigestores operando em regime mesofílico devem manter a alimentação diária entre 1 a 3 kg SV/m<sup>3</sup>-dia para garantir estabilidade (Macedo et al., 2018). Uma carga inferior a 1 kg SV/m<sup>3</sup>-dia, como observado em alguns estudos, também pode ser eficiente, desde que o sistema esteja adequadamente equilibrado.

### **5.2. Separação de Sólidos e Desempenho do Sistema**

A separação sólido-líquido dos dejetos suínos antes da biodigestão é recomendada para melhorar o desempenho do biodigestor. Estudos demonstram que essa prática aumenta o potencial de produção de metano, reduz o acúmulo de fibras e melhora a fluidez do substrato (OLIVEIRA et al., 2018).

Segundo Gonçalves et al. (2012), o substrato sem fração sólida separada (CSFS) apresentou rendimento de até 0,75 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SV adicionado, enquanto o substrato com sólidos (SSFS) produziu 0,47 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg SV. A diferença se intensifica com o aumento do tempo de retenção hidráulica (TRH), o que comprova a importância da separação para sistemas de alta eficiência.

Dentre as tecnologias de separação destacam-se: peneiras rotativas, decantadores de palhetas, sistemas de floco decantação com taninos ou poliácridamidas e lagoas de estabilização (FARIAS et al., 2014).

### **5.3. Modelos de Biodigestores Utilizados**

No Brasil, os modelos mais comuns de biodigestores são os de fluxo contínuo, especialmente os tipos indiano e chinês. Eles se destacam por sua simplicidade operacional e baixo custo de implantação (GUIMARÃES et al., 2012).

O modelo indiano, por exemplo, é amplamente aplicado em pequenas e médias propriedades. Já o modelo chinês possui estruturas fixas de alvenaria, com tempo de retenção maior e possibilidade de acúmulo de lodo para maior digestão anaeróbia. Há ainda modelos adaptados à realidade da propriedade, com variações estruturais para diferentes volumes de dejetos e recursos disponíveis.

#### **5.4. Monitoramento Operacional: Temperatura, pH e Carga Orgânica**

A operação eficiente de um biodigestor exige o controle constante de parâmetros como temperatura, pH e carga orgânica.

#### **5.5. Temperatura**

A faixa ideal de operação em regime mesofílico está entre 30 e 40 °C. Estudos apontam que a temperatura de 35 °C proporciona melhor equilíbrio microbiológico e velocidade de conversão (MOREIRA et al., 2018). Em regiões tropicais, é possível manter essa faixa com mínima necessidade de aquecimento artificial.

#### **5.6. pH**

O pH ideal para digestão anaeróbia situa-se entre 7,1 e 7,8. Valores fora dessa faixa podem comprometer o metabolismo dos microrganismos metanogênicos e reduzir a produção de biogás (OLIVEIRA et al., 2018).

#### **5.7. Carga Orgânica**

Manter uma carga adequada de sólidos totais e voláteis evita sobrecarga ou subalimentação do sistema. O controle do potencial redox (Eh) também é um indicativo importante; valores em torno de -500 mV sinalizam um ambiente fortemente anaeróbico e propício à produção de metano (COSTA et al., 2012).

Outros parâmetros relevantes incluem: demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, fósforo, metais pesados, sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e condutividade elétrica, especialmente se o efluente for reutilizado como biofertilizante.

A utilização de dejetos suínos na produção de biogás depende de variáveis técnicas que devem ser controladas para garantir eficiência e sustentabilidade. A separação de sólidos, a escolha adequada do biodigestor e o monitoramento dos parâmetros operacionais são etapas fundamentais. O domínio desses aspectos permite não apenas uma maior geração de energia, mas também a valorização do

resíduo como fertilizante agrícola, fechando o ciclo da sustentabilidade nas propriedades rurais.

## **6. VIABILIDADE ECONÔMICA**

A viabilidade econômica do uso de biodigestores em propriedades suinícolas tem se mostrado cada vez mais promissora, considerando os benefícios econômicos diretos, como a redução dos custos com energia elétrica e fertilizantes, e indiretos, como a valorização ambiental da propriedade e a diminuição de passivos ambientais.

### **6.2. Custos de implantação do biodigestor**

O custo de implantação de um biodigestor depende da escala do sistema, do tipo de tecnologia adotada e do número de animais na propriedade. De acordo com estudos de Silva et al. (2022), os investimentos variam entre R\$ 500,00 a R\$ 1.200,00 por metro cúbico de biodigestor instalado, dependendo do material e do nível de automação do sistema.

Além do investimento inicial, devem ser considerados os custos de manutenção, mão de obra, transporte dos dejetos e eventuais adaptações na infraestrutura da granja. Apesar de representar um custo inicial relativamente alto, o retorno do investimento pode ocorrer entre 3 e 6 anos, conforme o aproveitamento do biogás e do biofertilizante. (OLIVEIRA; LIMA, 2023)

### **6.3. Retorno sobre o investimento (ROI)**

A viabilidade econômica pode ser avaliada por meio de indicadores como o Retorno sobre o Investimento (ROI) e o Payback. Em estudos conduzidos por Almeida e Rocha (2021), propriedades com mais de 500 matrizes suínas obtiveram um ROI médio de 18% ao ano, com tempo de retorno inferior a 5 anos, considerando a geração de biogás para substituição da energia elétrica e o uso do biofertilizante em pastagens e lavouras.

### **6.4. Sustentabilidade e valorização ambiental**

A viabilidade econômica dos biodigestores também deve ser analisada sob a ótica da sustentabilidade. O aproveitamento dos dejetos suínos reduz a emissão de gases de efeito estufa (especialmente o metano), melhora as condições sanitárias e minimiza impactos ambientais, o que contribui para a imagem positiva do setor produtivo.

## **7.DESAFIOS E CUIDADOS**

Os biodigestores têm um papel essencial na promoção de uma agricultura mais sustentável, pois ajudam a diminuir a liberação de gases de efeito estufa e produzem energia renovável. No entanto, por estarem geralmente instalados em áreas rurais, essas estruturas estão mais expostas ao risco de incêndios, que podem resultar em danos severos, como explosão que pode destruir a estrutura do biodigestor e liberar gases tóxicos e substâncias contaminantes no solo e na água que, conseqüentemente, podem prejudicar a qualidade dos recursos naturais da região. Também causa a interrupção da produção de biogás e fertilizante orgânico, que além de afetar as atividades agrícolas e a produção de energia, também impacta negativamente a viabilidade financeira do sistema.(FLOR et.al 2024).

### **7.1. Medidas Preventivas e Boas Práticas**

Para garantir a segurança dos biodigestores e reduzir os riscos associados a incêndios, é essencial adotar ações preventivas e seguir boas práticas operacionais. Muitas dessas medidas podem ser inspiradas nas diretrizes das Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (CIPA), conforme estabelecido pela NR-5.

#### **7.1.1. Prevenção de Incêndios**

A adoção de medidas eficazes de prevenção de incêndios é fundamental para garantir a segurança dos biodigestores em áreas rurais. Entre essas ações, destaca-se a vigilância contínua por meio de sistemas de monitoramento remoto, que possibilitam a identificação imediata de focos de calor ou fumaça, permitindo uma resposta rápida das equipes responsáveis. A manutenção da limpeza ao redor da estrutura, mantendo o local livre de materiais inflamáveis como folhas secas, galhos e resíduos orgânicos, é igualmente importante para evitar a ignição acidental. A criação de faixas de isolamento, utilizando áreas aradas ou cobertas com materiais não combustíveis, funciona como uma barreira física para conter a propagação das chamas. Além disso, a instalação de alarmes e sensores de calor e fumaça amplia a capacidade de detecção precoce de incidentes, contribuindo para uma reação mais eficaz. A elaboração de um plano de ação emergencial, com instruções claras sobre evacuação, contenção e acionamento de socorro especializado, deve ser obrigatória. Por fim, a formação de uma brigada de incêndio, composta por trabalhadores treinados e capacitados, assegura que a propriedade esteja preparada para atuar

rapidamente diante de um princípio de incêndio, minimizando riscos à estrutura e ao meio ambiente.

### **7.1.2. Proteção Estrutural do Biodigestor**

A proteção estrutural dos biodigestores contra incêndios exige a incorporação de tecnologias e materiais que aumentem sua resistência e segurança operacional. O uso de materiais resistentes ao fogo e a altas temperaturas no projeto da estrutura é essencial para evitar que o biodigestor seja rapidamente comprometido em caso de exposição ao calor. A instalação de válvulas de segurança também é uma medida crítica, pois esses dispositivos permitem o alívio controlado da pressão interna, prevenindo explosões causadas pelo acúmulo de biogás durante situações de emergência. Além disso, a implementação de um sistema de resfriamento eficiente contribui para manter a temperatura interna do biodigestor em níveis seguros, reduzindo o risco de superaquecimento. Complementando essas medidas, o isolamento térmico da estrutura com materiais adequados oferece uma barreira adicional de proteção contra o calor externo, ajudando a manter a integridade do sistema mesmo em ambientes com temperaturas elevadas ou em casos de incêndio nas proximidades.

### **7.1.3. Boas Práticas com Base na CIPA (NR-5)**

A adoção de boas práticas inspiradas nas diretrizes da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) é essencial para garantir a segurança no funcionamento dos biodigestores. A capacitação da equipe por meio de treinamentos periódicos é uma das principais estratégias, permitindo que os colaboradores estejam preparados para agir em situações de emergência, saibam utilizar corretamente os equipamentos de combate a incêndios, como extintores e mangueiras, e conheçam os procedimentos preventivos. A sinalização adequada também desempenha um papel crucial, com placas visuais que indiquem claramente a localização do biodigestor, rotas de fuga e pontos de encontro, facilitando a evacuação segura em caso de necessidade. Além disso, a realização de inspeções periódicas permite identificar antecipadamente riscos ou falhas estruturais que possam comprometer a segurança do sistema. Por fim, manter uma comunicação eficiente entre todos os envolvidos garante que as informações sobre riscos, medidas preventivas e planos de ação

estejam sempre claras, atualizadas e ao alcance de todos, promovendo um ambiente mais seguro e preparado para eventuais incidentes. (SOARES et al 2024).

## **8. CONCLUSÃO**

O tratamento adequado dos dejetos suínos é uma prática essencial para garantir a sustentabilidade ambiental e econômica da suinocultura moderna. O manejo incorreto desses resíduos representa uma ameaça significativa ao solo, à água e ao ar, devido à alta carga orgânica e à presença de patógenos, reforçando a necessidade de soluções tecnológicas eficientes.

Nesse contexto, o uso de biodigestores destaca-se como uma alternativa viável e sustentável. Essa tecnologia de tratamento anaeróbico permite transformar os dejetos em biogás e biofertilizante, reduzindo os impactos ambientais e sanitários e promovendo o aproveitamento energético e nutricional dos resíduos. Além de gerar energia limpa, que pode substituir fontes convencionais como lenha, gás de cozinha e eletricidade, o sistema ainda produz um fertilizante rico em nutrientes, contribuindo para a fertilidade do solo e reduzindo custos com adubação química.

Do ponto de vista técnico, o sucesso do biodigestor depende de fatores como a separação de sólidos, o controle de temperatura e pH, e o acompanhamento da carga orgânica. Apesar de exigir investimento inicial e capacitação técnica para operação e manutenção, os benefícios ambientais, energéticos e econômicos superam amplamente os desafios.

Portanto, a adoção de biodigestores na suinocultura representa um avanço significativo rumo a uma produção mais eficiente, sustentável e ambientalmente responsável, conciliando o desenvolvimento agropecuário com a preservação dos recursos naturais e o bem-estar das comunidades rurais.

## 9. REFERÊNCIAS

- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Informações técnicas adicionais – Licença Prévia: “Biodigestão anaeróbica: consiste na degradação de compostos orgânicos...”*. São Paulo: CETESB, 18 jun. 2024. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/informacoes-tecnicas-adicionais-licenca-previa/>. Acesso em: 23 out. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Biodigestores: opção tecnológica para a redução dos impactos ambientais da suinocultura*. Notícias Embrapa, [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17991779/biodigestores-opcao-tecnologica-para-a-reducao-dos-impactos-ambientais-da-suinocultura>. Acesso em: 23 out. 2025.
- COSTA, A. P. R. et al. *Manual de manejo de dejetos suínos*. 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/2131900/manual-de-manejo-de-dejetos-suinos>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- DURIGAN, M. R.; MARTINS, M. S.; SÁ, F. S.; OLIVEIRA, M. R. de. *Potencial de contaminação de dejetos de suínos no Cinturão Verde do município de Ilha Solteira-SP*. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO, 3., 2013, Ilha Solteira. Anais [...]. Ilha Solteira: UNESP, 2013. Disponível em: [https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/3encivi\\_potencial\\_de\\_contaminacao.pdf](https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/3encivi_potencial_de_contaminacao.pdf). Acesso em: 4 set. 2025.
- EMBRAPA. *Aproveitamento energético de biogás*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35173/1/Aproveitamento-energetico.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.
- EMBRAPA. *Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos*. Projeto Suinocultura SC — Embrapa, 2005-2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/856124/1/doc115.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.
- EMBRAPA; OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, D. A. de. *Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás (térmico e elétrico)*. Revista de Pesquisa Agropecuária, [S. l.], 2005. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/download/507/458>. Acesso em: 18 set. 2025.

- FARIAS, L. M. et al. *Uso de biodigestores na suinocultura: avaliação de biodigestores de dejetos suínos*. 1Library, 2014. Disponível em: <https://1library.org/article/uso-de-biodigestores-suinocultura-avalia%C3%A7%C3%A3o-biodigestores-dejetos-su%C3%AD.yjkj85pq>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- FLOR, C. F.; SOARES, F.; QUEVEDO, H.; VALMAÑA, O. *Incêndios e os riscos para biodigestores*. Portal Energia e Biogás, 2024. Disponível em: <https://biogaseenergia.com.br/incendios-e-os-riscos-para-biodigestores>. Acesso em: 18 set. 2025.
- GONÇALVES, J. A. B. et al. *Produção de biogás com e sem separação da fração sólida dos dejetos suínos*. Engenharia Agrícola, v. 32, n. 4, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/W7VvJw9NmjcYZjqDt9LyqmR>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- GUIMARÃES, M. T. et al. *Avaliação de diferentes modelos de biodigestores em pequenas propriedades rurais*. Espacios, v. 32, n. 4, 2011. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a11v32n04/11320442.html>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- MACEDO, R. F. et al. *Parâmetros operacionais e eficiência dos biodigestores rurais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CGM6rdvVr7Qhfyv7jPgVscd>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- MOREIRA, J. M. M.; ALMEIDA, C. L. de. *Avaliação ambiental da suinocultura no município de Francisco Beltrão - PR*. Revista Geografia em Questão, v. 7, n. 1, p. 29-42, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7434/5495>. Acesso em: 4 set. 2025.
- MOREIRA, J. P. et al. *Efeitos da temperatura e da agitação na biodigestão anaeróbia de dejetos suínos*. Engenharia Agrícola, v. 38, n. 4, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/LGWJCnzqNdm9NdBGRJf3V4y>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M. *Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, Série Documentos, n.º 115, 42 p., 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/856124/1/doc115.pdf>. Acesso em: 23 out. 2025.

OLIVEIRA, R. A. de et al. *Separação sólido-líquido de dejetos suínos com uso de coagulantes naturais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/ZjhvxNWMdggHGR4zjNvbryy>. Acesso em: 28 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (UNIDO); outros. *Potencial de produção de biogás no Sul do Brasil*. São Paulo: UNIDO, 2020. Disponível em: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-04/Potencial%20de%20produção%20de%20biogás%20no%20Sul%20do%20Brasil.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ (UTFPR). *Produção de biogás a partir de dejetos de suínos em ....* Concórdia: Embrapa Suínos e Aves; UTFPR, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20489/1/producaodejetossuinorural.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.