

**BIODIGESTOR INTEGRADO PARA RESÍDUOS
ORGÂNICOS: ESTUDO DE CASO DO CAMPINHO,
MUNICÍPIO DE ROSANA/SP**

***INTEGRATED BIODIGESTER FOR ORGANIC WASTE: CASE
STUDY OF CAMPINHO, MUNICIPALITY OF ROSANA/SP***

Gabriela Oliveira Marques de Velasco¹

Rafael da Rocha Camargo²

Flávia Batista Cassiano³

Yves Renzo Minoru Uesato⁴

Maria Claudia Costa De Oliveira Botan⁵

Resumo – O aumento da geração de resíduos sólidos urbanos, especialmente os orgânicos, representa um desafio crescente para a sustentabilidade ambiental no Brasil, principalmente em áreas rurais com infraestrutura limitada. Este estudo teve como objetivo analisar a viabilidade de implementar um biodigestor comunitário na comunidade Campinho-I, em Rosana/SP, como alternativa para o tratamento e aproveitamento energético de resíduos orgânicos domésticos. Foram aplicados questionários a 28 famílias para levantar dados sobre saneamento, descarte de resíduos e consumo de energia. A estimativa de produção de biogás foi de 0,115 m³/dia por residência, resultando em 6,77 kWh/dia de energia útil, suprimindo até 44% do consumo elétrico médio, com economia de R\$83,27/mês. Além disso, o sistema geraria 87 kg/dia de biofertilizante, substituindo insumos agrícolas e incentivando práticas agroecológicas. O estudo destaca a aplicabilidade de biodigestores como uma solução sustentável, alinhada à Política Nacional de Resíduos Sólidos e aos ODS 7, 12 e 13. Esses benefícios demonstram que a aplicação de biodigestores pode atender simultaneamente às demandas energéticas, sanitárias e ambientais da comunidade, sendo uma estratégia eficaz e replicável em outras comunidades locais.

Palavras-chave: Biogás. Comunidades. Energia Sustentável.

¹ Graduando em Engenharia de Energia - Faculdade de Engenharia e Ciências/UNESP – Rosana. Contato: gabriela.om.velasco@unesp.br

² Graduando em Engenharia de Energia - Faculdade de Engenharia e Ciências/UNESP – Rosana. Contato: rr.camargo@unesp.br

³ Graduando em Engenharia de Energia - Faculdade de Engenharia e Ciências/UNESP – Rosana. Contato: flavia.cassiano@unesp.br

⁴ Graduando em Engenharia de Energia - Faculdade de Engenharia e Ciências/UNESP – Rosana. Contato: yves.uesato@unesp.br

⁵ Docente do Curso de Engenharia de Energia - Faculdade de Engenharia e Ciências/UNESP – Rosana. Contato: maria.botan@unesp.br

Abstract - The increase in urban solid waste generation, especially organic waste, represents a growing challenge for environmental sustainability in Brazil, particularly in rural areas with limited infrastructure. This study aimed to analyze the feasibility of implementing a community biodigester in the Campinho-I community, in Rosana/SP, as an alternative for the treatment and energy recovery of domestic organic waste. Questionnaires were applied to 28 families to gather data on sanitation, waste disposal, and electricity consumption. The estimated biogas production was 0.115 m³/day per household, resulting in 6.77 kWh/day of useful energy, covering up to 44% of the average electricity consumption, with a savings of R\$83.27/month. Additionally, the system would generate 87 kg/day of biofertilizer, replacing agricultural inputs and promoting agroecological practices. The study highlights the applicability of biodigesters as a sustainable solution, aligned with the National Solid Waste Policy and the SDGs 7, 12, and 13. These benefits demonstrate that the application of biodigesters can simultaneously address the community's energy, sanitation, and environmental needs, making it an effective and replicable strategy in other local communities.

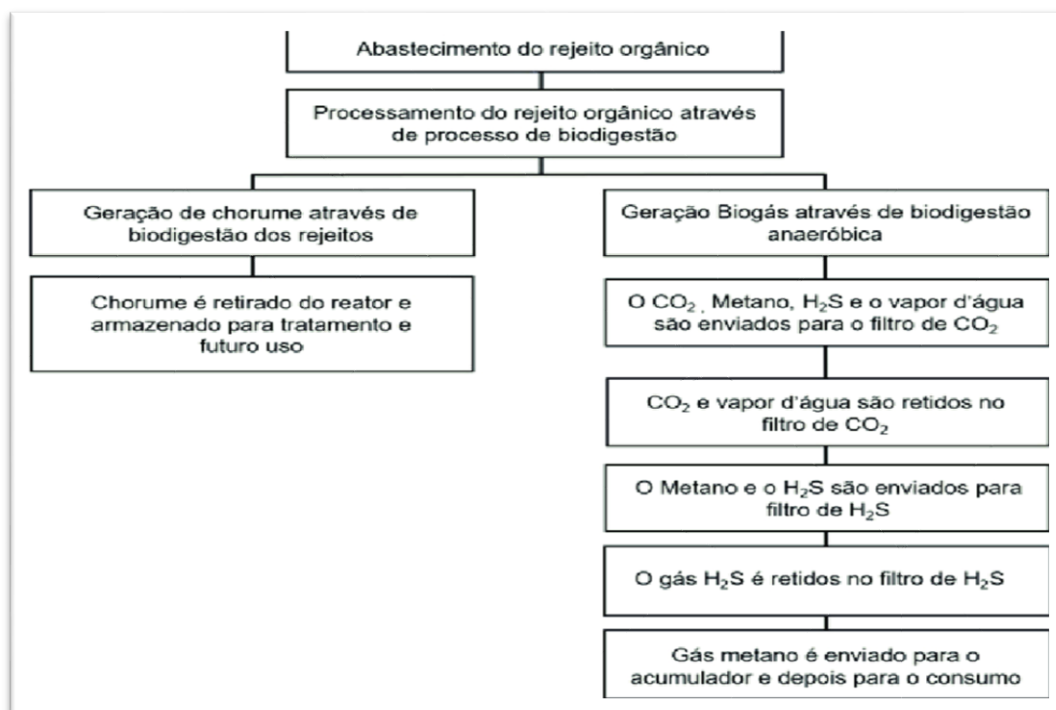
Keywords: Biogas. Communities. Sustainable Energy.

I. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população brasileira tem provocado um aumento considerável na geração de resíduos sólidos urbanos, especialmente resíduos orgânicos, o que configura um desafio crescente para a sustentabilidade ambiental no país. A gestão inadequada desses resíduos contribui para a contaminação do solo, da água e do ar, além de potencializar a emissão de gases de efeito estufa provenientes da decomposição anaeróbia em aterros sanitários. Frente a esse contexto, a busca por soluções tecnológicas que una eficiência e sustentabilidade torna-se indispensável para minimizar os impactos ambientais e promover o desenvolvimento socioeconômico em conjunto com a conservação de nossos recursos naturais (Proença; Machado, 2019).

Nesse contexto, o aproveitamento dos resíduos orgânicos por meio de tecnologias limpas, como os biodigestores, entra em foco como uma alternativa promissora (Proença; Machado, 2019). Os biodigestores são sistemas que possibilitam a decomposição controlada da matéria orgânica em ambiente anaeróbio, resultando na geração de biogás, uma fonte renovável de energia, e de biofertilizantes, que podem ser utilizados na agricultura como adubos naturais (Mutuma *et al.*, 2021). Dessa forma, além de reduzir o volume de resíduos enviados a aterros sanitários, essas tecnologias promovem o reaproveitamento dos resíduos e incentivam a economia circular, contribuindo para a redução da dependência de fontes fósseis e para a mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas. abaixo encontra-se um fluxograma com o funcionamento experimental de um biodigestor voltado a geração de biogás (Cossú *et al.*, 2024). Conforme mostra a figura 1, os biodigestores operam por meio da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, com geração de biogás e biofertilizante como subprodutos:

Figura 1: Fluxograma do Funcionamento de um Biodigestor Convencional.

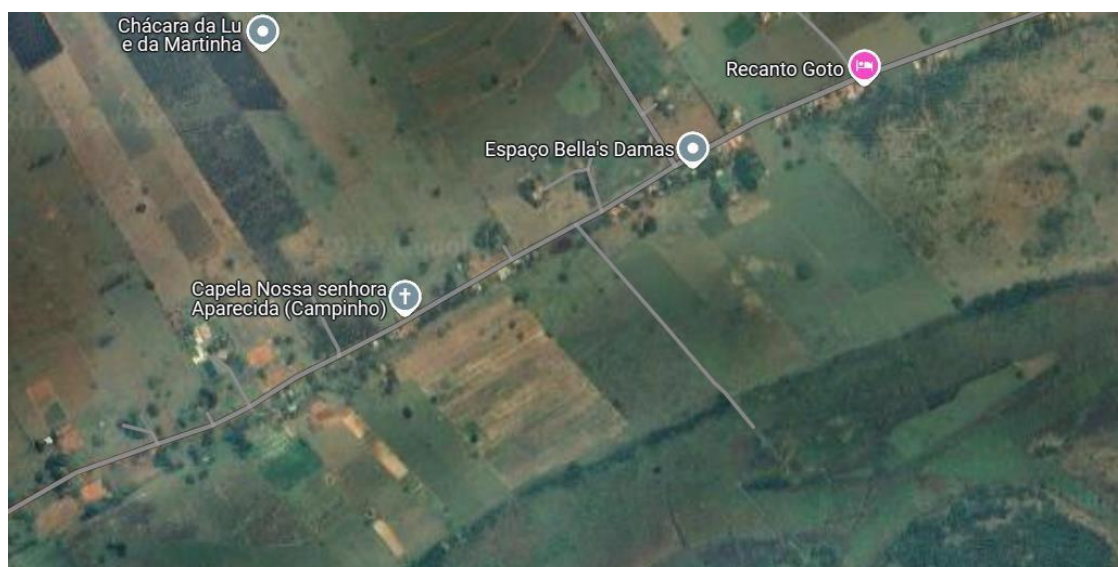


Fonte: Cossú *et al.* (2024)

Ademais, o uso de biodigestores apresenta uma série de benefícios adicionais, que vão além do simples tratamento dos resíduos orgânicos (Lopes *et al.*, 2020). Entre eles, destacam-se a redução significativa de odores desagradáveis, a diminuição da proliferação de vetores de doenças — como moscas, baratas e roedores —, e a valorização econômica dos resíduos, que deixam de ser um passivo ambiental e passam a ser tratados como recursos com potencial energético e agrícola (Silva; Correa, 2020).

Nesse sentido, o desenvolvimento e a implementação de biodigestores no Brasil configura uma estratégia integrada e sustentável de manejo de resíduos sólidos orgânicos, especialmente em áreas rurais e comunidades com acesso limitado a saneamento básico. Essa abordagem está em corroboração com as políticas públicas de promoção da sustentabilidade ambiental, da autonomia energética e do desenvolvimento rural inclusivo, como evidenciado no contexto da comunidade Campinho-I, analisada nesta pesquisa. A localização geográfica pode ser vista na figura 2.

Figura 2: Localização Geográfica Campinho - Rosana/SP.



Fonte: Google Imagens, 2025.

Ao observar a dinâmica da comunidade, que é basicamente uma única rua, percebe-se como questões como o descarte de resíduos, o acesso limitado a saneamento e as dificuldades com o fornecimento regular de energia fazem parte do cotidiano de muitas famílias do Campinho I. Nesse cenário, soluções simples, de baixo custo e fácil aplicação, como os biodigestores, ganham força justamente por se adaptarem bem a essas realidades. Mais do que uma proposta técnica, trata-se de uma alternativa que dialoga com os modos de vida locais, oferecendo uma forma concreta de transformar resíduos em recursos, e desafios em oportunidades. A imagem apresentada anteriormente ajuda a visualizar este contexto e reforça a importância de pensar tecnologias que estejam próximas das pessoas e de suas necessidades reais.

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo analisar a potencial aplicação dos biodigestores como tecnologia limpa para o aproveitamento dos resíduos orgânicos na comunidade Campinho-I, mostrando a importância e relevância de seus benefícios ambientais, econômicos e sociais, atendendo a população e contribuindo para a conscientização ambiental.

II. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa baseia-se em uma abordagem quantitativa-exploratória, com aplicação de questionários semiestruturados a 28 famílias residentes na comunidade Campinho-I, no município de Rosana/SP. Esse número representa aproximadamente 25% da população local total (110 famílias), configurando uma amostragem significativa para análise preliminar da viabilidade de implantação de um biodigestor comunitário. As visitas foram realizadas de forma presencial, e as entrevistas abordaram os seguintes tópicos:

- Número de moradores por residência;
- Tipo de tratamento de esgoto utilizado (fossa séptica, fossa negra, caixa filtro ou descarte

direto);

- Destino atual dos resíduos orgânicos (coleta, descarte direto ou aproveitamento como adubo);
- Existência de animais no domicílio (galinhas, porcos, etc.);

- Equipamentos que consomem mais energia;
- Consumo médio mensal de energia elétrica.

Com base nas respostas obtidas, observou-se que a maioria das residências utiliza fossas sépticas ou negras, possui pequenos animais domésticos e gera resíduos orgânicos com potencial para uso energético e agrícola. Para estimar a produção teórica de biogás, foi considerado o modelo baseado na carga orgânica do substrato e no rendimento específico de biogás, conforme a equação [1] (Agonese *et al.*, 2006):

$$V_{BG} = M_S \times ST \times SV \times Y_{BG} \quad [1]$$

Onde:

- V_{BG} = V_o ;
- lume diário de biogás (m^3 /dia);
- M_S = Massa de substrato fresco (kg/dia);
- ST = Teor de Sólidos Totais do substrato (assumido como 0,12);
- SV = Fração de Sólidos Voláteis nos ST (0,80);
- Y_{BG} = Rendimento específico de biogás ($0,35 m^3/kg SV$);

Este modelo considera que a conversão da fração volátil da matéria orgânica é completa ou próxima da completa, o que é uma simplificação. Na prática, a eficiência de conversão pode variar entre 40% e 80%, dependendo das características do substrato e das condições do reator. Porém como é apenas uma estimativa, não levaremos todos os aspectos em conta na hora dos cálculos.

Como um dos objetivos dessa pesquisa a ser analisado, o biogás gerado pode ser convertido em energia elétrica ou térmica. A energia potencial disponível é calculada com base no Poder Calorífico Inferior (PCI) do biogás, geralmente entre 5,5 e 6,5 kWh/ m^3 , dependendo do teor de metano. A energia elétrica útil pode ser estimada pela eq.[2] abaixo (Silva; Correa, 2020):

$$E = V_{BG} \times PCI_{BG} \times \eta \quad [2]$$

Onde:

- E = Energia elétrica gerada (kWh/dia);
- PCI_{BG} = Poder calorífico inferior do biogás (kWh/ m^3);
- η = Eficiência do sistema de conversão (geralmente entre 30% e 40%);

Com essas fórmulas, foi possível estimar o potencial energético da comunidade, considerando o volume de resíduos disponíveis e o aproveitamento técnico do biogás. A análise dos dados coletados e a aplicação dos modelos permitiram identificar o perfil energético local e avaliar a viabilidade técnica preliminar da implementação de um sistema de biodigestão comunitário.

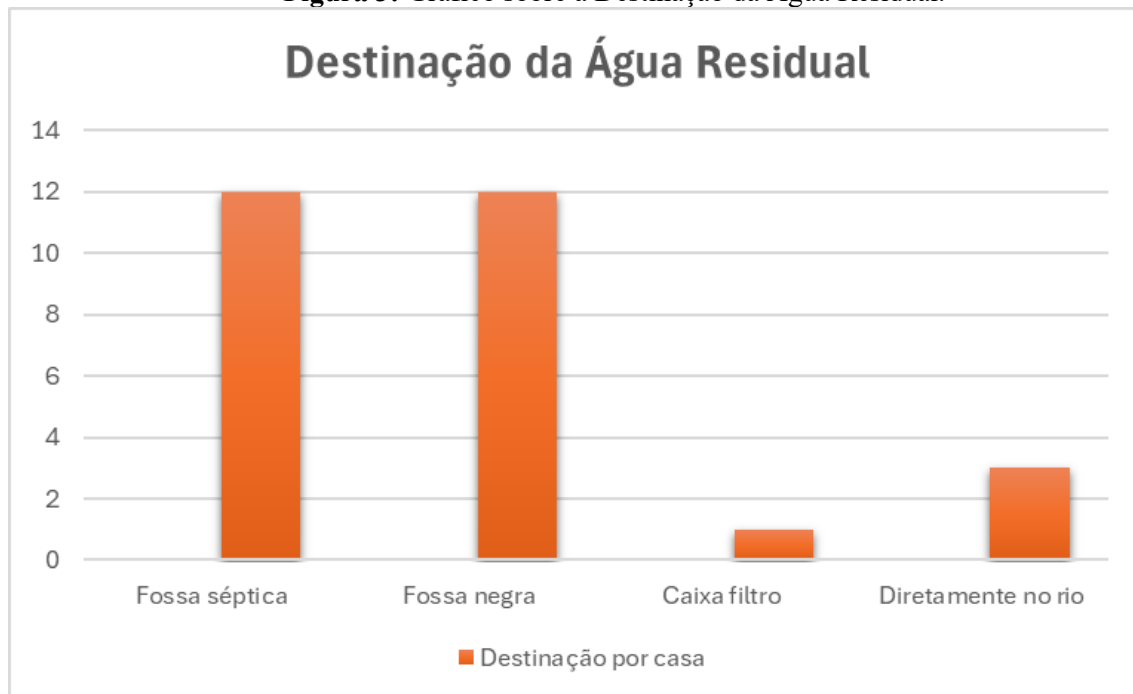
III. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os principais resultados obtidos a partir da aplicação dos questionários e das análises realizadas com base nas equações descritas na metodologia. Os dados coletados junto às 28 famílias da comunidade Campinho-I

permitiram traçar um panorama sobre os hábitos de consumo, o destino dos resíduos orgânicos e as condições de saneamento básico, elementos essenciais para a avaliação do potencial de implantação de um biodigestor comunitário.

Em relação ao tratamento de águas residuais, os dados indicam que a maioria das famílias utiliza sistemas arcaicos, como fossas sépticas ou fossas negras, enquanto uma parcela menor realiza o descarte direto no solo ou em cursos d'água, sem qualquer tipo de tratamento. Esses sistemas apresentam limitações quanto à eficiência na remoção de carga orgânica e patógenos, o que representa um risco tanto ambiental quanto sanitário. A ausência de infraestrutura adequada evidencia a necessidade de soluções descentralizadas, como a integração de biodigestores, que além de tratar os efluentes, podem gerar energia a partir da matéria orgânica presente. Conforme mostra a figura 3, a maioria das residências utiliza fossas sépticas ou fossas negras como forma de tratamento de águas residuais.

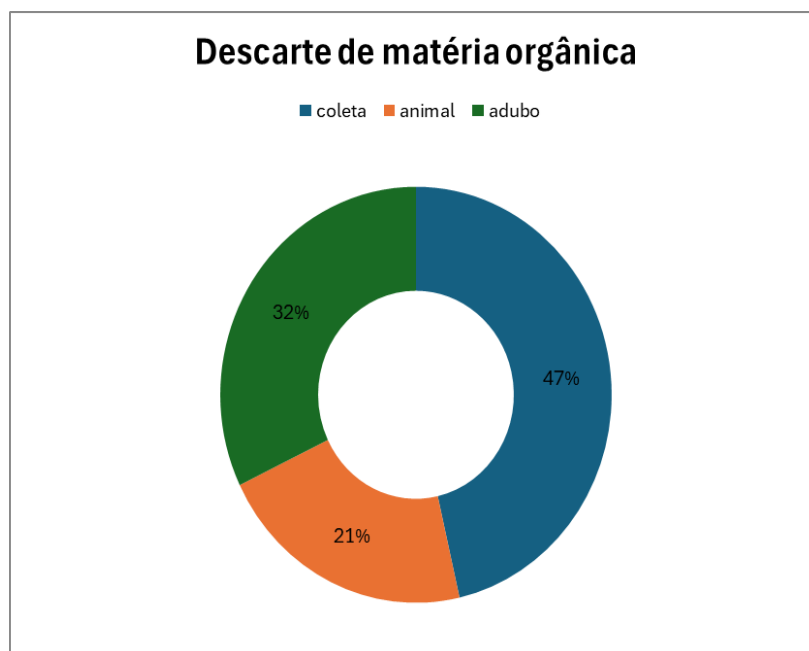
Figura 3: Gráfico sobre a Destinação da Água Residual.



Fonte: Próprios Autores, 2025.

Assim como no descarte da água residual, a matéria orgânica não segue um padrão na comunidade, sendo necessária uma melhor conscientização e direcionamento desses resíduos, dentre os entrevistados, foi observado que a maior parte da matéria orgânica descartada pelos moradores é direcionada à coleta seletiva feita toda terça-feira na região, entretanto, grande parte ainda descarta os resíduos em hortas ou direciona para a alimentação dos animais. Durante as entrevistas, diversos habitantes demonstraram não saber onde descartar, e assim distribuem para os vizinhos, porém por irrelevância, não se fez análise destes dados. A figura 4 apresenta o panorama do descarte da matéria orgânica entre os entrevistados, indicando que parte significativa dos resíduos ainda é encaminhada para coleta seletiva ou aproveitada na alimentação animal.

Figura 4: Gráfico sobre o Descarte de Matéria Orgânica.



Fonte: Próprios Autores, 2025.

Também foi realizada coleta de dados sobre o consumo dos residentes e suas maiores preocupações com seus gastos de energia elétrica para um melhor dimensionamento de geração e a destinação da energia gerada pelo projeto do biodigestor. Após a recolha dos dados, os mesmos foram organizados na tabela 1 e utilizados nos cálculos para o dimensionamento. Pode-se notar como o que mais gasta é o ar- condicionado, por mais que apenas 2 das casas analisadas realmente possuíssem. Grande parte possuía freezers comerciais, para armazenamento de peixes (pescados no rio Paraná e em seu entorno) ou porcos para consumo e venda.

Tabela 1: Dados de Consumo Mensal por Residência.

Aparelho	Consumo em média (KWh)	Gasto Mensal (R\$)
Geladeira	144	59,04
Chuveiro	82,50	33,83
Freezer	180	73,80
Ar-condicionado	240	98,40
Máquina de Lavar	10	4,10
Total	656,5	R\$ 269,17

Fonte: Próprios Autores, 2025.

A partir das informações fornecidas pelos moradores, foram feitas estimativas quanto à produção teórica de biogás e ao potencial de geração de energia elétrica, considerando o volume de resíduos disponíveis, a presença de animais, o tipo de fossa utilizada e o consumo médio de energia elétrica por residência. Esses resultados possibilitam uma análise preliminar da viabilidade técnica da biodigestão anaeróbia como alternativa sustentável para o aproveitamento de resíduos e a redução da dependência energética da comunidade. Esses valores e mais alguns assumidos podem ser vistos organizados na tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Valores Assumidos pelo Levantamento.

Parâmetro	Valor
Residências entrevistadas	28
Habitantes por residência (média)	2,8
Resíduos alimentares gerados (kg/pessoa/dia)	0,4
Esterco animal estimado (kg/casa/dia)	2,3
Massa total de substrato (kg/dia)	3,42
Volume de biogás por residência (m ³ /dia)	0,115
volume total (28 casas)	3,22 m ³ /dia
PCI do biogás	6,0 kWh/m ³
Eficiência energética estimada (%)	35%
Energia útil gerada	6,77 kWh/dia
Tarifa de energia cobrada na região	0,41
Média de gasto mensal por residência	R\$ 190,34
Média de consumo mensal por residência	464,24 KWh

Fonte: Próprios Autores, 2025.

Após a análise minuciosa dos dados, se deu início a realização dos cálculos para o dimensionamento, rendimento e da energia gerada estimadas. Para os cálculos, considerou-se:

- População média por residência: 2,8 pessoas;
- Geração de resíduos alimentares: 0,4 kg/pessoa/dia;

→ Presença média de animais por casa: 3 galinhas e 1 porco (estimativa conservadora);

→ Geração de esterco: 0,3 kg (galinhas) + 2,0 kg (porco) = 2,3 kg/casa/dia.

Assim, a massa total de substrato por residência será:

$$Ms/dia = (2,8 \times 0,4) + 2,3 = 3,42 \text{ kg}$$

Substituindo na equação 1:

$$V_{bg} = 3,42 \times 0,12 \times 0,80 \times 0,35 = 0,115 \text{ m}^3$$

$$V_{bg} = 3,42 \times 0,12 \times 0,80 \times 0,35 = 0,115 \text{ m}^3/\text{dia por casa.}$$

Para 28 residências:

$$V_{TOTAL} = 28 \times 0,115 = 3,22 \text{ m}^3$$

A energia potencial do biogás pode ser estimada com a equação 2:

$$E = V_{BG} \times PCI_{BG} \times \eta$$

$$E = 3,22 \times 6,0 \times 0,35 = 6,77 \text{ kWh}$$

$$E = 3,22 \times 6,0 \times 0,35 = 6,77 \text{ kWh /dia.}$$

A produção energética estimada de 6,77 kWh/dia, considerando as 28 residências da amostra, representa uma geração mensal de aproximadamente 203,1 kWh/mês. Esse valor, embora não seja suficiente para suprir integralmente o consumo energético de uma residência típica na comunidade — que apresenta média de 464,24 kWh/mês —, ainda corresponde a cerca de 44% da demanda elétrica mensal por domicílio, segundo os dados coletados. Com base na tarifa média de energia praticada na região, de R\$ 0,41/kWh, a energia gerada pelo biodigestor teria um valor econômico estimado em R\$ 83,27 por mês. Este montante representa uma redução potencial de cerca de 44% no custo mensal da fatura de energia elétrica, considerando o gasto médio atual de R\$ 190,34 por residência. Esses dados indicam que a implantação de um sistema de biodigestão anaeróbia comunitário poderia não apenas gerar benefícios ambientais e sanitários relevantes como a destinação adequada de resíduos e o controle de vetores, mas também promover um impacto financeiro positivo direto sobre os moradores, com potencial para aliviar parte dos custos com energia elétrica.

Adicionalmente, o sistema geraria, como subproduto, biofertilizante líquido em quantidade proporcional à massa de substrato introduzido. Considerando que aproximadamente 90% da massa do substrato retorna em forma líquida, estima-se que cada residência poderia produzir cerca de 3,1 kg/dia de biofertilizante, totalizando aproximadamente 87 kg/dia para o conjunto das 28 casas. Este recurso pode ser utilizado na agricultura local, contribuindo para a substituição de fertilizantes químicos e o fortalecimento da segurança alimentar, especialmente nas residências que já mantêm hortas ou cultivos agroecológicos como observado em parte da amostra.

IV. CONCLUSÃO

Tendo em vista as considerações apresentadas, pode-se concluir que a viabilidade da implementação de um biodigestor integrado como alternativa tecnológica sustentável para o manejo de resíduos orgânicos na comunidade Campinho-I, em Rosana/SP. Por meio da aplicação de questionários a 28 famílias — aproximadamente 25% da população local — foi possível levantar dados fundamentais sobre o saneamento, o consumo energético e os hábitos de descarte de resíduos, permitindo a realização de estimativas técnicas bem fundamentadas quanto à produção de biogás e biofertilizante.

A análise revelou que a comunidade possui potencial real para a implantação de um sistema de biodigestão anaeróbia de pequeno porte. Com uma produção estimada de 3,22 m³ de biogás por dia, seria possível gerar cerca de 6,77 kWh/dia de energia útil, suprimindo até 44% da demanda elétrica média por residência. Esse ganho representa uma economia direta de aproximadamente R\$ 83,27 por mês por família, valor relevante em contextos de vulnerabilidade econômica. Além disso, o reaproveitamento dos resíduos resultaria na produção diária de aproximadamente 87 kg de biofertilizante, que poderia ser utilizado para fortalecer práticas agrícolas sustentáveis e reduzir a dependência de insumos químicos.

Do ponto de vista ambiental, o biodigestor se configura como uma tecnologia social de saneamento, com capacidade de reduzir a contaminação do solo e das águas, controlar vetores de doenças e mitigar a emissão de gases de efeito estufa, como o metano. Tais impactos estão diretamente alinhados às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial os ODS 7 (energia limpa e acessível), 12 (consumo e produção responsáveis) e 13 (ação climática).

Ainda que os resultados obtidos sejam promissores, é importante destacar que as estimativas são baseadas em dados teóricos e amostrais. Por isso, recomenda-se a realização de um Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) mais detalhado, seguido da implementação de um projeto-piloto adaptado às condições locais. Essa etapa será essencial para validar os cálculos em condições reais de operação, ajustar o sistema às demandas específicas da comunidade e garantir o engajamento dos moradores por meio de ações de capacitação e educação ambiental.

Conclui-se que o biodigestor não é apenas uma solução técnica, mas uma estratégia integrada de desenvolvimento rural sustentável. Sua adoção no Campinho-I pode servir de modelo para outras comunidades com perfis semelhantes, reforçando seu papel como tecnologia acessível, replicável e transformadora.

V. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. G. M.; SILVA, F. A. Contribuição da fossa séptica para o descarte do esgoto doméstico. *Rebena – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, v. 8, p. 458–466, 2024.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção I*, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 02 jun. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Manual técnico: produção e uso de biogás*. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 16 jun. 2025.

DA SILVA, J. E.; CORREIA, L. A. Biodigestor sertanejo como alternativa para a conservação do semiárido potiguar. *HOLOS*, v. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.10125>. Acesso em: 02 jun. 2025.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de produção e uso de biogás*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1022675/manual-de-producao-e-uso-de-biogas>. Acesso em: 16 jun. 2025.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. *Produção de biogás e biofertilizante em comunidades rurais*. Roma: FAO, 2020. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FONSECA, M. R.; DIAS, S. Tecnologias sociais e desenvolvimento sustentável: o caso dos biodigestores em comunidades rurais. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 15, n. 34, p. 63–76, 2019. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/view/10397>. Acesso em: 09 jun. 2025.

HERCULANO, M. C. R. *Biodigestores: cartilha de manejo*. Boletim Técnico IFTM, Uberaba, v. 2, n. 1, 2016. Disponível em: PDF no site do IFTM. Acesso em: 09 jun. 2025.

HOME BIOGAS. Impacto socioambiental dos biodigestores na ONG Prato Verde Sustentável. São Paulo: HomeBiogas Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.homebiogas.com.br/post/impacto-socioambiental-gerado-pelo-biodigestor-ong-prato-verde-sustentavel>. Acesso em: 02 jun. 2025.

KÖNIG, R.; SCHNEIDER, D. R.; DOMINKOVIĆ, D. F. Techno-economic analysis of biogas- based microgrids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 125, p. 109–117, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109885>. Acesso em: 16 jun. 2025.

LOPES, L. A. et al. Desenvolvimento de um biodigestor de baixo custo aplicado na agricultura familiar. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 14, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n1p8-15>. Acesso em: 09 jun. 2025.

MUTUMA, B. K. et al. Valorization of biodigestor plant waste in electrodes for supercapacitors and microbial fuel cells. *Electrochimica Acta*, v. 391, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.138960>. Acesso em: 09 jun. 2025.

PROENÇA, C. A.; MACHADO, G. C. X. M. P. Biodigestores como tecnologia social para promoção da saúde: estudo de caso para saneamento residencial em áreas periféricas. *Saúde em Redes*, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 87–99, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18310/2446-4813.2018v4n3p87-99>. Acesso em: 09 jun. 2025.

SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, C. H. Biodigestores como alternativa energética e ambiental em áreas rurais. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 55–72, 2021.

SILVA, R. A.; COSTA, M. P. Avaliação do potencial de geração de biogás a partir de resíduos orgânicos urbanos. *Revista Engenharia Sustentável*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 23–38, jan./jun. 2022.

ANGONESE. *Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na redução da carga orgânica e produção de biogás a partir de dejetos de suínos*. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100022&script=sci_arttext. Acesso em: 14 ago. 2025.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo material incluído no artigo.