

ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLEMENTAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BAIXO CUSTO PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS

Data de aceite: 01/02/2024

Caio Marcello Felbinger Azevedo Cossú

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/4846127256257261>

Deverton Luiz da Silva Braga

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8782174010050515>

Caio Loureiro Rodrigues

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/2576538211269395>

Maria Eduarda Zeni Machado

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7414899999873003>

Samuel Resende Pimentel da Costa

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3222597646323101>

Nathalie de Souza

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/9755261686088584>

Edson José da Fonseca Faria

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3131461429662024>

Sérgio Roberto Amaral

UNESA - Universidade Estácio de Sá,
campus Resende, Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/9997844317331231>

RESUMO: No cenário global atual, a crescente preocupação com a poluição ambiental e o aumento dos gases do efeito estufa (GEE) motivou a condução de um estudo abrangente que aborda a pesquisa, construção e análise de viabilidade econômica de biodigestores de baixo custo. Esses dispositivos têm o potencial de converter matéria orgânica em biogás e biofertilizante, desempenhando um papel crucial na redução do impacto ambiental causado pelas emissões de carbono na atmosfera. A metodologia empregada baseou-se em uma pesquisa bibliográfica abrangente e dados técnicos, incluindo a coleta, tratamento e análise criteriosa dos dados obtidos. Os resultados destacam que os biodigestores não apenas oferecem uma solução mais adequada para o gás metano, mas também proporcionam uma economia de aproximadamente 20% no consumo de gás liquefeito de petróleo (GLP) em residências, evidenciando sua eficácia e viabilidade. A construção de modelos de

biodigestores residenciais demonstrou que apenas um biodigestor de 120 L pode produzir de cerca de 18 m³/ano (~1,50 m³/mês) de biogás. Com base nos resultados de outros estudos, a proposta de desenvolvimento desses protótipos revela-se viável em diferentes regiões do país. Nesse contexto, será avaliada a implementação de biodigestores no município de Resende/RJ, com a aplicação de técnicas de aprimoramento para aumentar a produtividade do sistema. Isso visa promover a geração de energia limpa e sustentável, com o objetivo de reduzir os custos de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestores. Biogás. Energia Sustentável.

VIABILITY STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF LOW COST BIODIGESTERS FOR BIOGAS GENERATION

ABSTRACT: In the current global scenario, the growing concern about environmental pollution and the rise in greenhouse gases (GHG) has prompted the execution of a comprehensive study addressing the research, construction, and economic viability analysis of low cost biodigesters. These devices have the potential to convert organic matter into biogas and biofertilizer, playing a crucial role in reducing the environmental impact caused by methane emissions. The methodology employed was based on extensive literature research and technical data, including the collection, treatment, and meticulous analysis of the acquired data. The results highlight that biodigesters not only provide a more suitable solution for methane but also yield approximately a 20% savings in household liquefied petroleum gas (LPG) consumption, showcasing their effectiveness and feasibility. The construction of residential biodigester models demonstrated that a single 120 L biodigester equipment could produce around 18 m³/year (~1.50 m³/month) of biogas. Based on findings from other studies, the proposal for developing these prototypes proves viable in different regions of the country. In this context, the implementation of biodigesters in the municipality of Resende/RJ will be assessed, incorporating enhancement techniques to boost system productivity. This aims to promote the generation of clean and sustainable energy, with the objective of reducing production costs.

KEYWORDS: Biodigesters. Biogas. Sustainable Energy.

1 | INTRODUÇÃO

No contexto do crescente desafio global relacionado ao aumento da demanda energética e às emissões de GEE provenientes de combustíveis fósseis e atividades industriais, a engenharia assume um papel na busca por soluções sustentáveis (LANZILLO, A.; GUIMARÃES, P. B. V., 2011).

O aumento significativo na demanda por energia, associado ao desmatamento, ressalta a urgência de abordagens sustentáveis. O contínuo crescimento no consumo de energia tem sido um dos principais contribuintes para a emissão de CO_{2(g)}. Recentemente, têm surgido novos estudos que buscam abordagens inovadoras para adquirir fontes de energia renováveis e economicamente viáveis, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais associados a essa questão (LIMA, 2012).

Em 2021, o cenário global da pandemia impactou significativamente os preços dos produtos devido à escassez de recursos, resultando em um aumento da inflação. Isso se refletiu no encarecimento de itens essenciais para o consumo, como o gás GLP, que atingiu a marca de R\$ 3,60/kg, representando um aumento de 30% em comparação com 2019, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - 2021).

Diversas iniciativas estão sendo implementadas na busca por soluções para esses desafios, e uma delas é a adoção de biodigestores anaeróbicos. Esses dispositivos possibilitam o tratamento de resíduos orgânicos de origem animal, transformando-os em substâncias passíveis de serem utilizadas como fonte de energia. O processo de biodigestão anaeróbica é conduzido por bactérias na ausência de oxigênio livre, sendo empregado no tratamento de resíduos orgânicos. Nesse processo, os resíduos são decompostos em substâncias mais simples, gerando gases como: $\text{CH}_{4(g)}$ (metano), $\text{CO}_{2(g)}$ (dióxido de carbono) e $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ (gás sulfídrico) (GONÇALVES, 1982).

Alves *et al.* (2010) mencionaram que a conversão de matéria orgânica em biogás, por meio da digestão anaeróbica, é conduzida por microrganismos em um ambiente isento de $\text{O}_{2(g)}$. O processo inicia-se com a preparação da matéria orgânica, composta por resíduos agrícolas, restos de alimentos ou esterco animal, que é coletada e devidamente preparada. Posteriormente, essa matéria orgânica é introduzida em um recipiente hermeticamente selado, impedindo a entrada de $\text{O}_{2(g)}$. As bactérias anaeróbicas iniciam os processos metabólicos, descompondo a matéria orgânica em compostos mais simples, tais como ácidos orgânicos (ácido acético e propiônico).

Outras bactérias, conhecidas como metanogênicas, convertem esses ácidos em metano e $\text{CO}_{2(g)}$ por meio do processo denominado acetogênese e metanogênese. Ao final, ocorre a coleta do biogás, que pode ser empregado como uma fonte de energia renovável, enquanto os resíduos remanescentes são utilizados como fertilizantes orgânicos, devido à sua riqueza em nutrientes (ALVES, 2010).

Mafron (2014) destaca a importância da engenharia na avaliação da viabilidade econômica desses protótipos, considerando não apenas a eficiência do processo, mas também a otimização sustentável dos recursos. Essa análise abrange uma variedade de aplicações, desde ambientes industriais até instituições públicas, escolas e áreas rurais, onde a gestão de resíduos orgânicos enfrenta desafios particulares.

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de biodigestores residenciais, com foco na observação da produção de metano mediante a coleta de dados. Além disso, busca-se avaliar a viabilidade de instalação desses biodigestores em residências de famílias de baixa renda e de zonas rurais na cidade de Resende/RJ. A iniciativa visa contribuir para o desenvolvimento sustentável de pequenos projetos, bem como disseminar novas formas de produção de energia para toda a comunidade.

2 | OBJETIVOS

O trabalho intitulado “Desenvolvimento e Viabilidade na Construção de Biodigestores Residenciais para a Produção de Biogás” tem como propósito impulsionar a criação de novos sistemas de energia destinados às populações de baixa renda e áreas rurais na cidade de Resende/ RJ. A iniciativa visa reduzir a dependência do gás GLP, alinhando-se aos princípios do programa Ambiental, Social e Governança (ESG) e promovendo a valorização do conhecimento científico em toda a comunidade envolvida no projeto.

3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os biodigestores são sistemas fechados nos quais ocorre a digestão de resíduos de origem animal ou vegetal, por meio da ação de bactérias anaeróbica. Os produtos resultantes do processo de decomposição da matéria orgânica em biodigestores são principalmente metano, dióxido de carbono e chorume, este último, após tratamento, transforma-se em fertilizante (EMAS, 2021).

Os biodigestores representam uma excelente alternativa para o destino adequado de resíduos de animais em criações de porte médio ou grande para geração de GEE. Esses resíduos podem receber tratamento adequado e, ao mesmo tempo, agregar valor por meio da produção de biogás e biofertilizante (GOUVEIA, 2000).

O funcionamento básico de um biodigestor consiste em uma unidade para o processamento de resíduos por meio de um processo de biodigestão anaeróbica. Nesse processo, resíduos orgânicos são introduzidos no biodigestor e, após um período de processamento, o produto resultante é o biogás, composto por gases como $\text{CH}_{4(g)}$, $\text{CO}_{2(g)}$ e $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$. Outro subproduto desse processo é o chorume, que, após tratamento, é utilizado como biofertilizante (WEB RESOL, 2021). A Fig. 1 ilustra uma representação esquemática do funcionamento do biodigestor.



Fig. 1 – Representação esquemática do funcionamento do biodigestor

Fonte: WEB RESOL, 2021.

A composição gasosa formada em sistemas de biodigestores é principalmente de

$\text{CH}_{4(g)}$ (50 - 75% v/v) e $\text{CO}_{2(g)}$ (25 - 50% v/v). O biogás contém ainda pequenas quantidades de $\text{H}_{2(g)}$, $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$, $\text{NH}_{3(g)}$ e outros gases (WEB RESOL, 2021).

A elevação da temperatura acelera o processo de decomposição dos compostos no interior dos biodigestores. Contudo, caso essa temperatura ultrapasse o limite máximo aceitável, as bactérias anaeróbicas reduzem seu metabolismo, prejudicando o processo e tornando a produção de biogás ineficiente (WEB RESOL, 2021).

Outro ponto a ser considerado são os teores elevados de matéria seca (>40%), que podem interromper a fermentação devido à escassez de água essencial para o crescimento dos microrganismos. Para atenuar o efeito da matéria seca no substrato, o processamento do material orgânico pode ser realizado por meio de digestão úmida (por bombeamento) ou digestão seca (por empilhamento) (ALVES, 2010).

GONÇALVES (1982) mencionou que existem três métodos de alimentação dos biodigestores: contínuo, semicontínuo e descontínuo (batelada). No método contínuo, o substrato entra constantemente no biodigestor, enquanto no semicontínuo, a alimentação ocorre pelo menos uma vez ao dia. Já no descontínuo (batelada), o biodigestor é abastecido, fechado e uma nova carga é realizada após um período determinado.

Para a produção de biogás, utilizam-se vários substratos, porém os mais utilizados são os esterco orgânicos de bovinos, suínos e de aves, apresentando melhor rendimento em relação aos outros substratos. A Tab. 1 apresenta o comparativo entre os diferentes substratos e o rendimento para a produção de biogás.

Substrato		Produção de biogás	Produção de metano	Rendimento de metano
		[Nm ³ /t substrato]	[Nm ³ /t substrato]	[Nm ³ /t MOS]
Esterco líquido bovino	Δ	20-30	11-19	110-275
	∅	25	14	210
Esterco líquido suíno	Δ	20-35	12-21	180-360
	∅	28	17	250
Esterco bovino	Δ	60-120	33-36	130-330
	∅	80	44	250
Esterco de aves	Δ	130-270	70-140	200-360
	∅	140	90	280

Δ: Faixa dos valores medidos; ∅: Média

Tab. 1 – Comparativo entre os substratos e rendimento para a produção de biogás

Fonte: WEB RESOL, 2021.

O biogás, em sua forma bruta, é saturado de vapor de água e contém quantidades significativas de $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ e outras substâncias. Este gás é tóxico e emite um odor desagradável,

exigindo dessulfurização em usinas de biogás agrícolas.

Visando a redução do $H_2S_{(g)}$ no biogás, emprega-se filtros contendo palha de aço para a dessulfurização. Além disso, para otimizar o aproveitamento do metano como gás natural, é essencial a remoção do $CO_{2(g)}$. Um filtro contendo uma solução de cal foi utilizado não apenas para a remoção do $CO_{2(g)}$.

4 | METODOLOGIA

Os resíduos orgânicos são inseridos no interior do biodigestor, que é então fechado e selado. Após um período de processamento por meio de biodigestão anaeróbica, o biogás é gerado dentro do recipiente. O gás passa por um filtro com solução de água e cal para retenção de $CO_{2(g)}$ e vapor de água. Em seguida, é conduzido através de um filtro contendo palha de aço para a captura de $H_2S_{(g)}$, antes de ser direcionado para o acumulador de gás e armazenado para o uso. A Fig. 2 ilustra a estrutura básica de funcionamento e montagem do biodigestor.

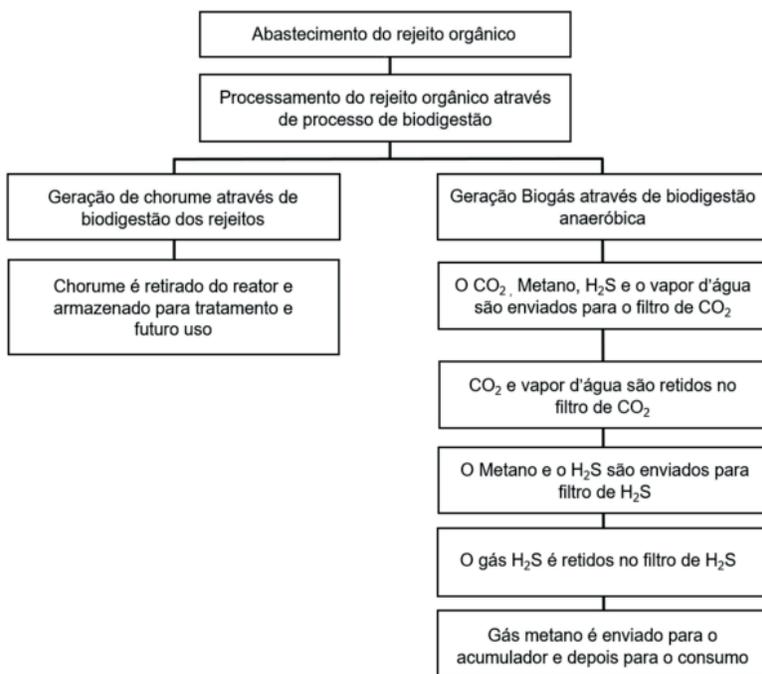


Fig. 2 - Fluxograma das Etapas e Estrutura do Biodigestor para Produção de Biogás

Fonte: elaborado pelos autores.

Os parâmetros e fatores a serem monitorados foram criteriosamente estabelecidos para possibilitar uma análise mais aprofundada dos resultados na produção de biogás. Ressalta-se que foram selecionados exclusivamente aqueles que contribuem diretamente

para o escopo deste trabalho. Entre os fatores definidos para acompanhamento, destacam-se: (i) temperatura ambiente; (ii) pH médio da água; e (iii) umidade relativa do ar. A Fig. 3 mostra a estrutura de montagem e o fluxo dos materiais produzidos pelos biodigestores de baixo custo.

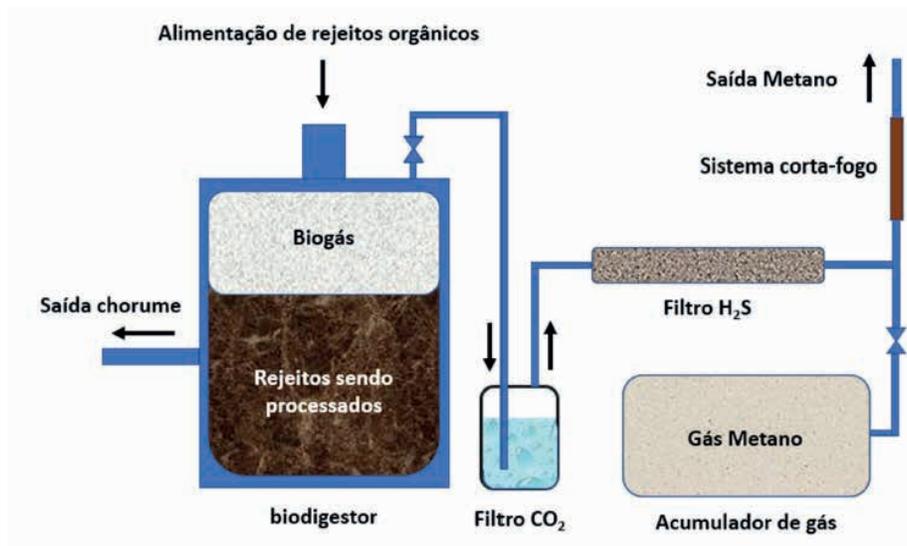


Fig. 3 - Estrutura de montagem e o fluxo de matéria produzida por biodigestores de baixo custo

Fonte: elaborado pelos autores.

Os parâmetros estabelecidos para o experimento são os seguintes:

- temperatura ambiente: entre 10°C e 65°C;
- pH da água: 6,4 até 7,2;
- quantidade máxima de dejetos seco na mistura: $\leq 10\%$;
- quantidade de cal utilizada na solução (cal + água): 0,040 kg/L;
- quantidade de palha de aço para o filtro de H₂S_(g): 0,060 kg;
- quantidade de dejetos introduzidos: entre 50% e 80% do volume total;
- manutenção de dejetos orgânicos: até 10% do volume total.

A construção do biodigestor desenvolvido neste projeto envolve os seguintes componentes.

- tipo de biodigestor: alimentação batelada;
- reator: reservatório de plástico com fechamento hermético;
- volume do reator: 120 L (0,12 m³);
- abastecimento: na parte superior através de um tubo de PVC (Ø100 mm);

- descarga: na lateral através de um tubo de PVC ($\varnothing 50$ mm);
- saída do biogás: na parte superior por meio de um registro de $\frac{1}{2}$ " (20 mm);
- volume de armazenamento de dejetos: $\frac{2}{3}$ do volume total da bombona;
- volume de processamento do biogás: $\frac{1}{3}$ do volume total da bombona.

Acessórios utilizados no biodigestor para filtragem e armazenamento do biogás:

- filtro de retenção de $\text{CO}_{2(g)}$;
- filtro de retenção de $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$;
- câmara de borracha.

5 | RESULTADOS

5.1 Montagem do protótipo de biodigestão

O sistema de biodigestão foi desenvolvido no campus da Universidade Estácio de Sá, em Resende/RJ. Este sistema opera por meio de um mecanismo de alimentação, onde os resíduos são inseridos na parte superior e posteriormente vedados para iniciar o processo de biodigestão anaeróbica. Após um intervalo de tempo apropriado para o processamento do material, o biodigestor é novamente abastecido com uma quantidade reduzida em comparação à carga inicial, visando a manutenção eficaz do sistema. Todo o processo ocorre sem a presença de $\text{O}_{2(g)}$. Durante a adição de uma nova carga de resíduos, uma porção de chorume é retirada do biodigestor, podendo ser aproveitada como fertilizante. A Fig. 4 apresenta o biodigestor fabricado no campus da Universidade Estácio de Sá em Resende/RJ.



Fig. 4 – Protótipo de biodigestor e componentes desenvolvidos para a realização do estudo

Fonte: elaborado pelos autores.

Na fase inicial da construção do biodigestor, o reator montado incorporando as entradas para os dejetos, bem como as saídas para o chorume e o gás metano. Em seguida, foram instalados os filtros de $\text{CO}_{2(g)}$ e $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$. O filtro de $\text{CO}_{2(g)}$ foi abastecido com uma solução de cal, enquanto o filtro de $\text{H}_2\text{S}_{(g)}$ recebeu abastecimento com palha de aço. O biodigestor foi construído em uma única base, onde foi fixada o reservatório, os filtros e o reator, conforme ilustra a Fig. 5.

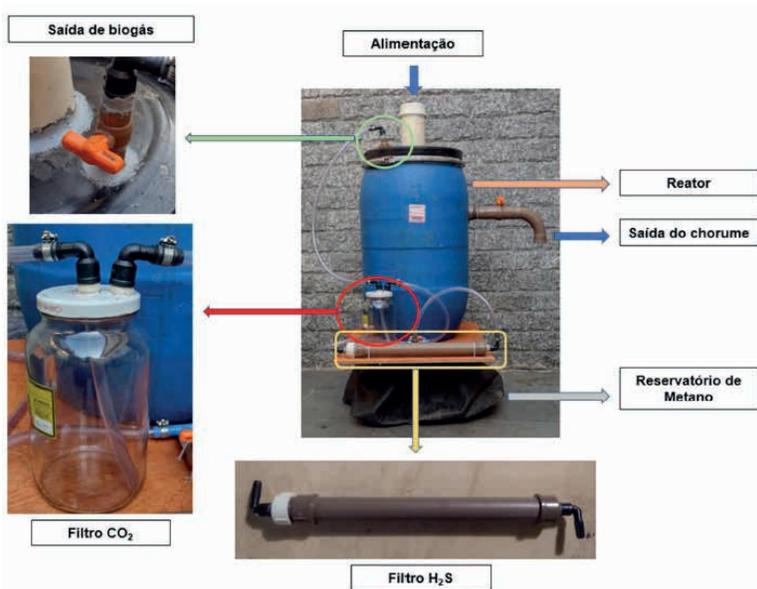


Fig. 5 – Detalhamento dos componentes utilizados no biodigestor para a produção de biogás

Fonte: elaborado pelos autores.

A fase subsequente envolveu a implementação do reservatório de metano, no qual uma câmara de borracha foi empregada como acumulador de gás, localizada na porção inferior do sistema de biodigestor. Após a interligação de todos os elementos (reator → filtros → reservatório), as conexões foram feitas por meio de mangueiras e fixadas com abraçadeiras. Adicionalmente, aplicou-se adesivo selante nas junções de todos os componentes para assegurar a completa vedação do sistema.

5.2 Abastecimento do biodigestor

Neste trabalho, optou-se pelo esterco bovino como substrato orgânico devido à sua fácil disponibilidade. O material orgânico foi adquirido na forma seca e, após dissolução em água, a mistura foi homogeneizada por meio de um misturador mecânico. Posteriormente, a mistura foi introduzida no biodigestor em uma quantidade específica. Antes do abastecimento, a bombona foi devidamente limpa para evitar a presença de

resíduos químicos que pudessem inibir o processo de biodigestão no interior do reator, como mostra a Fig. 6.



Fig. 6 – Procedimento de mistura dos dejetos para introdução no biodigestor

Fonte: elaborado pelos autores.

Foram estabelecidos critérios específicos para avaliar o desempenho do biodigestor, destacando-se:

- quantidade de $\text{CH}_{4(g)}$ produzido em função dos resíduos orgânicos processados por lote;
- quantidade de chorume produzida por lote;
- extrapolação para obter a média mensal de produção de gás metano.

Com base em todas as informações e dados coletados, os resultados foram satisfatórios quanto à viabilidade deste modelo de biodigestor. O modelo aplicado demonstrou a capacidade de proporcionar uma redução de custo em torno de 20% nos gastos com gás de cozinha GLP.

Além disso, este estudo revelou que um único biodigestor de 120 L tem o potencial de produção de aproximadamente $18 \text{ m}^3/\text{ano}$ de $\text{CH}_{4(g)}$. Os dados obtidos, mostraram a viabilidade de implementar melhorias com o objetivo de aumentar a produtividade do

equipamento e reduzir seu custo de fabricação. Em síntese:

- produção mensal de CH_{4(g)}: 1,488 m³/mês (0,978 kg/mês)
- quantidade calorífica mensal: 11677,32 kcal/mês
- investimento inicial: R\$ 529,51
- custo de manutenção mensal: R\$ 23,40
- percentual de redução de custo/ mês: 19,6%
- payback simples: 7,5 anos
- payback descontado: 7,6 anos
- TIR: 1,02% > 0,38% (TMA)

5.3 Comparação entre o sistema de biodigestão e o uso de gás GLP

Nesta análise, realizou-se a comparação entre o uso do gás produzido pelo sistema de biodigestão e o gás GLP. Para a avaliação, foram definidos os seguintes critérios:

- quantidade média de consumo de gás por mês;
- custo médio de consumo de gás por mês;
- poder calorífico do CH_{4(g)} em comparação com o gás GLP.

A análise desses critérios foi conduzida considerando o consumo médio de uma família composta por três pessoas. Nesse contexto, o consumo equivalente a um botijão de GLP a cada três meses foi adotado, com um custo médio de R\$ 120,00. A Tab. 2 apresenta a comparação das principais especificações e informações relativas ao CH_{4(g)} e ao GLP:

PARAMETROS ENTRE GÁS METANO (BIODIGESTOR) E GÁS GLP					
Parâmetros	Gás Biodigestor	Gás GLP	Total na residência	Contribuição Metano	Contribuição GLP
Volume de gás armazenado (m ³)	0,115	5,2	5,315	-	-
Volume de gás consumido por mês (m ³)	1,488	1,73	3,221	46,19%	53,81%
Peso de gás armazenado (kg)	0,075	13,0	13,08	0,57%	99,43%
Peso de gás consumido por mês (kg)	0,978	4,33	5,311	18,41%	81,59%
Densidade do gás (kg/m ³)	0,657	2,50	-	-	-
Poder calorífico (kcal/kg)	11940,0	11750,0	-	-	-
Quantidade calorífica por carga (kcal/lote)	895,50	152750,0	-	-	-
Quantidade calorífica mensal (kcal/mês)	21011,00	50916,67	71927,7	29,21%	70,79%
Quantidade calorífica anual (kcal)	252132,0	611000,0	863132,0	29,21%	70,79%
Custo médio anual 1º ano (R\$)	552,91	480,00	1032,91	53,53%	46,47%
Custo médio anual 2º ano (R\$)	23,40	480,00	503,40	4,65%	95,35%

Tab. 2 – Comparação entre CH_{4(g)} produzido pelo processo de biodigestão e gás GLP utilizado nas residências de maneira convencional

Fonte: elaborado pelos autores.

6 | CONCLUSÃO

Com o propósito de contribuir para a preservação do meio ambiente e mitigar a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, este estudo buscou avaliar a viabilidade de sistemas de biodigestores de pequeno porte. O resultado desta análise evidenciou a sustentabilidade econômica desse sistema de biodigestão. As variáveis e critérios essenciais para conduzir a avaliação de viabilidade foram devidamente definidos e aplicados, desempenhando um papel fundamental na análise abrangente do equipamento.

Demonstrou-se que o biodigestor analisado pode resultar em uma economia de 20% nos custos com gás, ao mesmo tempo em que atua como uma fonte produtora de biofertilizante. Além disso, foram propostas sugestões para aprimorar o equipamento, visando a elevação de sua eficiência, produtividade e segurança.

O estudo também obteve sucesso ao contribuir para a diminuição dos GEE, destacando a viabilidade de construir um equipamento de custo acessível, com eficiência e produtividade satisfatórias. Isso resultou em uma redução significativa na emissão de carbono na atmosfera, apresentando um potencial notável para influenciar positivamente o desenvolvimento e aprimoramento de outros sistemas de biodigestão.

SUGESTÕES DE MELHORIA

A primeira sugestão consiste em aproveitar a água proveniente do dreno de sistemas de ar-condicionado, obtida por meio de um sistema simples de captação. Essa abordagem não apenas reduz o consumo de água potável tratada, mas também reutiliza a água proveniente do ar-condicionado, isenta de cloro e outras substâncias que possam inibir a atividade metabólica das bactérias responsáveis pela biodigestão.

A segunda proposta envolve o uso de uma bomba para extrair o ar do reator, otimizando a produção de biogás. Adicionalmente, essa bomba pode ser empregada para envasar o gás em um recipiente, pressurizando-o. A ideia é adaptar um compressor para funcionar como uma bomba de vácuo, proporcionando uma abordagem eficiente e versátil para melhorar o processo global.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estácio de Sá, campus Resende/ RJ e ao Prof. Dr. Sérgio Roberto Amaral pelas orientações dadas durante a execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. E. N.; INOUE, K. R. A.; BORGES, A. C. Biodigestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. II Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. 2010. 14 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br>>

GONÇALVES, A.C.R. A potencialidade de outros substratos para a digestão anaeróbica. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1982. 29 p.

LANZILLO, A.; GUIMARÃES, P. B. V. Legal and economic aspect for implementation of national fund on climate change in Brazil. *Direito E-nergia*, v. 1 (3), 2011.

LIMA, R. A. A produção de energias renováveis e o desenvolvimento sustentável: uma análise no cenário da mudança do clima. *Energy Law in Brazil*, v. 5 (4), 2012.

MAFRON, M. P. Biodigestão anaeróbica: uma alternativa para usinas de laticínios. *Ciência Rural*, v. 21 (1), 1991.

McNERNEY, M.J., BRYANT, M.P. Metabolics stage and energetics of microbial anaerobic digestion. In STAFFORD, D.A., WHERTLEY, B.I., HUGHES, D.E. *Anaerobic Digestion* London: Applied Science Publishers. p. 91-98, 1980.

COMPANHIA AUXILIAR DE EMPRESAS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. Departamento de Estudos de Novas Fontes Alternativas de Energia. O biogás e sua tecnologia Rio de Janeiro: Editora CAEEB, 1981, 35 p.

SOUZA, M.E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbica São Paulo: CE-TESB. 1982, 30 p. (Mimeografado).