

BIODIGESTÃO DE CAMA DE AVIÁRIO: EXPERIMENTO EM ESCALA DE BANCADA

João Manoel Melo (Universidade Estadual de Maringá-UEM) E-mail: ra104045@uem.br
Vanessa Daneluz Gonçalves (Universidade Estadual de Maringá-UEM) E-mail: vdgoncalves@uem.br

Resumo: Os biodigestores são equipamentos que atuam acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica sem a presença de oxigênio, podendo ser uma forma de destinação final para resíduos como fezes, esterco, urina e fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, culminando na produção de biogás e digestato. O estudo em questão avaliou a utilização de biodigestores, atuando no processo de degradação da matéria orgânica da cama de recintos aviários, visando a produção do biogás, dado o interesse energético a partir de sua combustão. Para tanto, foram construídos seis biodigestores em escala de bancada com capacidade volumétrica de 2 L cada. Para a avaliação da produção de gás, foram conduzidos dois tratamentos em triplicata: T1-90 e T2-70. O primeiro contendo 90% de água para 10% de cama de aviário; e o segundo com 70% de água para 30% de cama de aviário. O tempo de detenção da biodigestão foi de 13 dias, com monitoramento periódico da produção de gás e da temperatura. A análise dos resultados permitiu afirmar para este estudo de caso, baixa variação da temperatura interna e externa durante o processo de digestão: $22,58 \pm 1,42$ °C no tratamento T1-90; $21,81 \pm 1,06$ °C para T2-70 e $23,7 \pm 1,58$ °C para a temperatura externa. Quanto à produção média de biogás, foi estimada maior produção com T1-90 ($597,80 \pm 322,79$ ml) comparado ao T2-70 ($379,69 \pm 140,35$ ml). Entretanto, a análise de variância com um fator ($\alpha=0,05$), sugeriu que a produção de gás foi estatisticamente igual independente da concentração de água.

Palavras-chave: Biogás, biofertilizante, decomposição anaeróbica.

BIODIGESTION OF POULTRY LITTER: BENCH-SCALE EXPERIMENT

Abstract: Biodigesters are equipment that act by accelerating the decomposition process of organic matter without the presence of oxygen, and can be a form of final destination for waste such as feces, manure, urine and the organic fraction of urban solid waste, culminating in the production of biogas and biofertilizer. This study evaluated the use of biodigesters, acting in the degradation process of the organic matter of the bed of poultry enclosures, aiming at the production of biogas, given the energy interest from its combustion. Therefore, six bench scale biodigesters with a volumetric capacity of 2 L each were built. The gas production was evaluated according to two treatments were carried out in triplicate: T1-90 and T2-70. The first treatment containing 90% water for 10% poultry litter; and the second with 70% water for 30% poultry litter. The time detention of biomass was 13 days, with periodic monitoring of gas production and temperature. The results allowed us to affirm, for this case study, low variation of the internal and external temperature during the digestion process: 22.58 ± 1.42 °C in the T1-90 treatment; 21.81 ± 1.06 °C for T2-70 and 23.7 ± 1.58 °C for external temperature. As for the average biogas production, a higher production was estimated with T1-90 (597.80 ± 322.79 ml) compared to T2-70 (379.69 ± 140.35 ml). However, one-way analysis of variance ($\alpha=0.05$) suggested that gas production was statistically equal regardless of water concentration.

Keywords: Biogas, biofertilizer, anaerobic decomposition

1. Introdução

Atualmente o Brasil se tornou um dos maiores praticantes da criação de aves no mundo (BALDIN; FROZZA; LAFAY, 2012). A alta tecnologia desenvolvida no país fez com que atingisse o segundo lugar num *ranking* de maiores produtores da carne animal no planeta (ABPA, 2022). Além de um grande produtor, o Brasil hoje também é o maior exportador do produto para os mais diferentes locais, trazendo assim um impacto significativo na economia do país. Tal produção é sempre muito incentivada, tanto em

termos financeiros quanto tecnológicos, de modo a facilitar a instalação de empreendimentos para interessados, e assim, impulsionar o mercado nacional e internacional de carnes. Neste contexto, a comercialização de carne de frango é crescente em todo o país.

Um empreendimento aviário funciona criando e desenvolvendo os frangos presentes no recinto para futuramente serem comercializados. Para o melhor desenvolvimento e criação das aves, as denominadas camas de aviário ou frango, agem servindo de leito para os animais, diminuindo a possibilidade deles se machucarem, melhorando seu desenvolvimento e as condições sanitárias do local. As camas dos aviários geralmente são compostas de serragem, casca de arroz ou maravalha (BALDIN; FROZZA; LAFAY, 2012). Tratam-se de materiais confortáveis para os animais, que auxiliam na absorção e incorporação dos dejetos, como as excretas, descamação, penas, restos de comida e água, que caem de comedouros e bebedouros. Porém, sem o manejo adequado a decomposição dessa matéria orgânica pode emitir diversos poluentes, como o CO₂, CH₄ e NH₃ (SARRI, 2017). Diante disso, os resíduos gerados das camas de aviários trazem um ponto preocupante de potenciais impactos ao meio ambiente, onde além da preocupação no manejo para decomposição, a quantidade de geração é muito maior que a de degradação.

Antigamente, uma forma de destinação final das camas de aviário era na complementação alimentar dos bovinos, porém a fim de evitar a doença da “encefalite espongiforme” ocasionada neles, foi proibido tal alimentação diante de dúvidas sobre seus aspectos sanitários. Logo, é comum a queima deste material ou mesmo o descarte inapropriado, com geração de poluição (SARRI, 2017).

Diante do potencial poluidor decorrente da destinação inadequada da cama de aviário, o biodigestor mostra-se como uma solução viável, sustentável (PASQUALINI, 2020; LINS et al. 2022) e dinâmica, pois trata-se de uma solução a geração de resíduos orgânicos, como os presentes em matadouros (KABEYI; OLANREWAJU, 2021; SANTOS et al., 2023). O biodigestor é um equipamento que permite a digestão anaeróbia da matéria orgânica, com consequente produção de: (i) gases que podem ser aproveitados para a geração de energia elétrica ou gás de cozinha; e (ii) fertilizantes que podem servir como adubo em plantações (SANTOS et al. 2023). Os gases gerados a partir desse processo são denominados por biogás (FRIGO et al, 2015; PASQUALINI, 2020; LINS et al. 2022). Trata-se de uma mistura de gases decorrente da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, normalmente constituído de 55% a 70% de metano, 30% a 35% de dióxido de carbono, além de pequenas proporções de sulfeto de hidrogênio, amônia, nitrogênio e ácido sulfúrico. O biogás é uma forma de energia alternativa, na qual a sua fonte de combustível é a queima de forma limpa e sustentável (BALDIN; FROZZA; LAFAY, 2012).

Adicionalmente, quanto a produção de fertilizante natural decorrente da estabilização da matéria orgânica, este pode ser comercializado ou mesmo utilizado no imóvel rural como uma alternativa para substituir ou reduzir a utilização de fertilizantes químicos nas lavouras agrícolas (LINS et al., 2022; SANTOS et al., 2023).

Para Lins et al. (2022), os processos anaeróbios com consequente produção de biogás e fertilizantes, contribuem para a aplicação e o atendimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável-ODS das Nações Unidas. Para os autores, os ODS mais contemplados são: (i) ODS 6 – Água potável e saneamento; (ii) ODS 7 – Energia limpa

e acessível; (iii) ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis; (iv) ODS 12 – Consumo e produção responsáveis; e (v) ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima. Contudo, Santos et al. (2023), afirmam que apesar do grande potencial brasileiro na geração de energia limpa decorrente de sistemas anaeróbios, como os biodigestores, este recurso é pouco explorado, tornando os usuários dependentes da principal fonte de geração de energia, a hidrelétrica. Os autores ainda reforçam a importância de uma matriz energética diversificada e sustentável.

A configuração geométrica dos biodigestores pode variar com o fabricante ou modelo. Os modelos mais comuns são o Canadense (com estrutura plástica maleável inflada com a formação do biogás), Indiano (com duas câmaras de fermentação), Chines (composto por uma câmara cilíndrica em alvenaria) e Alemão (semelhante ao Indiano, mas com recursos tecnológicos) (FRIGO, et al. 2015).

Diante do exposto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar a produção de gás em um sistema de biodigestão montado em escala de bancada e alimentado com cama de aviário. Para o estudo, foram conduzidos testes segundo diferentes tratamentos (proporção de água e cama de aviário), e seus resultados comparados com os da literatura.

2. Material e métodos

2.1 Origem da biomassa de cama de aviário

As amostras de cama de aviário foram adquiridas de uma propriedade rural na cidade de Umuarama-PR, onde estão situados quatro barracões de aviários com área de 2.100 m² cada, e uma capacidade unitária média de 29.000 aves, ou 14 frangos para cada m². A propriedade possui dois biodigestores, o modelo Canadense de formato retangular e o Alemão que apresenta um formato circular.

A remoção total da cama de aviário acontece normalmente uma vez ao ano e permanece armazenada em local apropriado até seu uso nos biodigestores. A alimentação dos biodigestores, ocorre com cama de aviário diluída na proporção de 1 kg de matéria orgânica para 10 L de água, ou aproximadamente 90% de água. O tempo de detenção hidráulica nos biodigestores é de 90 dias.

O biogás produzido é transformado em combustível através da sua queima e passagem por um gerador que o transforma em energia elétrica, de modo a abastecer tanto as necessidades dos próprios barracões aviários, quanto das residências presentes. A produção média de energia elétrica com este sistema de biodigestores é de até 30 mil KW/mês. Essa produção traz um alto benefício econômico praticamente abatendo todo o custo de energia elétrica do proprietário, e ainda essa produção é incluída no sistema de geração distribuída, que funciona lançando a energia produzida na rede de distribuição da COPEL via inversor, adquirindo créditos da companhia. Já o biofertilizante produzido no biodigestor é destinado à uma lagoa artificial, e aproveitado como fertilizante natural para realizar a adubação de lavouras quando necessário.

2.2 Construção de biodigestores

A construção do biodigestor de bancada foi desenvolvida conforme Silveira et al. (2014), com algumas adaptações. Neste caso, para simular os processos de degradação anaeróbica em biodigestores, foram construídos 6 (seis) biodigestores em escala de bancada com garrafas PET de capacidade volumétrica de 2 L cada. Cada garrafa foi

recoberta com papel alumínio em uma primeira camada, e posteriormente com manta térmica em uma segunda camada a fim de manter a temperatura da biodigestão e inibir a entrada de luz (Figura 1). O monitoramento da temperatura interna foi realizado em dois biodigestores de bancada, com auxílio de termômetro digital (Culinário/CLINK). Enquanto a temperatura externa foi monitorada com termômetro de mercúrio. Para determinação da quantidade de biogás foi construído um gasômetro utilizando um recipiente graduado (jarro de Jar Test com 2 L de volume) e um béquer com volume total de 1000 ml. Neste sistema, o béquer foi introduzido no jarro com sua abertura virada para baixo, e o conjunto foi preenchido com água destilada até uma marcação pré-definida. O nível inicial de água foi registrado, e monitorou-se periodicamente a variação do nível interno no béquer, relacionado a quantidade de gás produzido. A ligação entre o biodigestor de bancada e o gasômetro foi realizada por mangueira flexível, recobertas em sua saída do biodigestor com silicone a fim de evitar vazamentos.

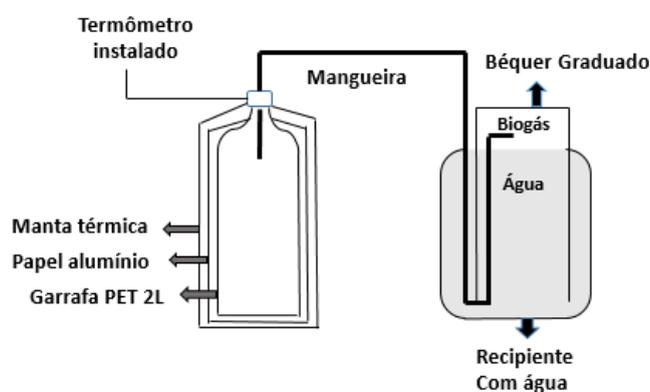


Figura 1. Ilustração do sistema de biodigestão de bancada

Fonte: Adaptado de Silveira et al. (2014)

2.3 Experimento

O experimento foi conduzido em triplicata segundo dois tratamentos, o primeiro deles com teor de água em 90%: 1800g de água para 200g de biomassa da cama de aviário. Já o segundo com teor de água em 70%: 466,7g de água para 200g de biomassa da cama de aviário, tendo como base o estudo desenvolvido por Silveira et al. (2014). A proposta de investigação supracitada é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Teores de biomassa de cama de aviário e água destilada segundo tratamentos.

| Tratamento | Sigla | Biomassa cama de frango (g) | Massa de água (g) | Massa de água (%) |
|------------|-------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 1-90 | 200 | 1800 | 90 |
| 2 | 2-70 | 200 | 466,7 | 70 |

A biodigestão foi realizada por 13 dias, com o monitoramento periódico da temperatura interna (leitura simples de dois tratamentos específicos) e externa, além da leitura do volume de geração de gás, que foi possibilitado através da variação do nível de água dentro do béquer graduado.

2.4 Análise estatística

Os resultados de produção de gás de cada tratamento, foram avaliados quanto a sua

distribuição normal e, na sequência, pela Análise de Variância (ANOVA) com um fator e nível de significância, $\alpha=0,05$.

3. Resultados e discussão

Na Figura 2, é apresentada a variação da temperatura interna segundo tratamentos T1-90 e T2-70, e temperatura externa ao longo do período do experimento. As temperaturas internas nos biodigestores e externa, foram monitoradas diariamente ou a cada 46 horas.

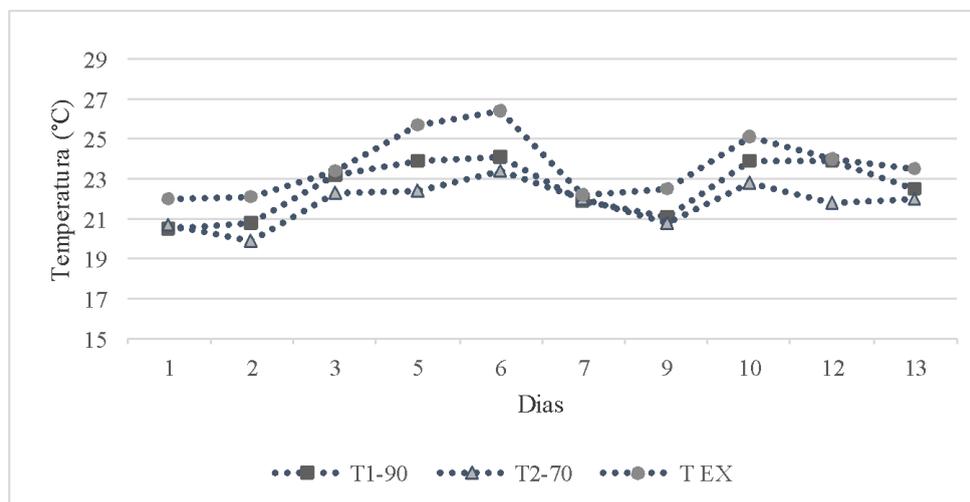


Figura 2 – Temperaturas internas e externas dos biodigestores durante o tratamento.

Nota: T1-90: tratamento com diluição da biomassa com 90% de água; T2-70: tratamento com diluição da biomassa com 70% de água; TEX: temperatura externa

Os resultados mostraram uma temperatura interna de ambos os tratamentos superior a 19°C e não ultrapassando os 27°C durante os dias monitorados. Foram observados picos de temperatura no sexto (24,1°C com T1-90; 23,4°C com T2-70) e décimo dia (23,9°C com T1-90; 22,8°C com T2-70) do experimento. Já a temperatura externa alternou entre os 22°C e 27°C, com máxima também no sexto dia de experimento (26,4°C). De acordo com as temperaturas médias, foi verificada baixa variação do parâmetro durante o experimento, com temperaturas de $22,58 \pm 1,42^\circ\text{C}$ para o tratamento T1-90, $21,81 \pm 1,06^\circ\text{C}$ para T2-70 e $23,7 \pm 1,58^\circ\text{C}$ para a temperatura externa. A temperatura influencia diretamente na digestão anaeróbia podendo comprometer diretamente na termodinâmica da reação.

Na Figura 3 é apresentado um gráfico com a projeção da produção de gás durante os dias de experimento, pela qual, verifica-se a concentração de maiores produções nos primeiros dias.

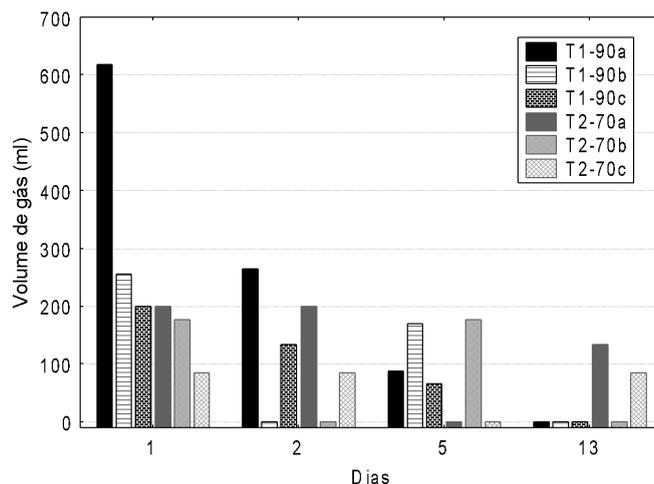


Figura 3 – Produção de biogás durante os dias do experimento.

Nota: T1-90: tratamento com diluição da biomassa com 90% de água; T2-70: tratamento com diluição da biomassa com 70% de água.

Em geral, a produção do gás só foi acontecer depois de um dia completo de experimento. Neste caso, o tratamento do T1-90a (réplica) teve uma produção muito maior que os demais atingindo seu ápice logo entre o primeiro e segundo dia. Tal situação pode ter ocorrido diante da heterogeneidade da biomassa (cama de aviário). A digestão nos demais biodigestores de bancada, se desenvolveu de forma mais desacelerada com menor produção do gás em geral. Saliente-se que nos dias 6, 7, 9, 10 e 13, a produção foi mínima, dificultando a visualização do nível de água através do béquer graduado. Adicionalmente, não se descarta a possibilidade de vazamento do gás gerado nos sistemas com menor produção.

Contudo, a maior produção de gás total entre os dias de tratamento obtida no experimento do biodigestor 1 (T1-90a), registrou-se um total de 970,2 ml produzidos. Enquanto, nos demais tratamentos, principalmente nos com proporção de 70% de água para a biomassa, houve uma produção abaixo do esperado, se comparado com os resultados de literatura. De acordo Silveira et al. (2014), a biodigestão na proporção de 90% água para 10% de cama de aviário, apresentou um total de 4.583 ml de biogás produzidos após 14 dias do experimento, produção 4,7 vezes superior ao praticado no presente estudo (970,2 ml). Já nos tratamentos com 70% de água para 30% de cama de aviário, Silveira et al. (2014), apresentaram resultado de produção total de 6.353 ml, 12 vezes maior comparando com o presente experimento que obteve um valor de 531,5 ml na produção do biogás no tratamento com melhor rendimento.

Entretanto, Ricordi et al. (2008), investigaram a biodigestão com as proporções de água:esterco de cama de aviário de 90:10%, 80:20% e 70:30%, e após 14 dias ensaio, determinaram produções de gás perto de 250 ml, independente do tratamento. Adicionalmente, verificou-se que Silveira et al. (2014), obtiveram maior resultado de produção de gás com o tratamento de 70% de água e 30% de cama de aviário.

A Tabela 2 mostra a produção média total de gás conforme cada tratamento em específico, e seus respectivos desvios experimentais. Verifica-se que o tratamento T1-90 apresentou maior produção média ($597,80 \pm 322,79$ ml) comparado ao T2-70 ($379,69 \pm 140,35$ ml).

Tabela 2 – Produção total de gás para cada tratamento

| Tratamento | N | Média (ml) | Desvio-Padrão (ml) | Erro Padrão (ml) |
|------------|---|------------|--------------------|------------------|
| T1-90 | 3 | 597,80 | 322,79 | 186,36 |
| T2-70 | 3 | 379,69 | 140,35 | 81,03 |
| Total | 6 | 488,75 | 252,64 | 103,14 |

Nota: T1-90: tratamento com diluição da biomassa com 90% de água; T2-70: tratamento com diluição da biomassa com 70% de água.

Previamente a Análise de Variância, os resultados de produção de biogás foram avaliados quanto a sua probabilidade normal, conforme a Figura 4. Neste caso, verificou-se que os resíduos seguem uma distribuição normal dentro do intervalo (-2,0; +2,0), validando a execução da análise estatística de comparação de médias.

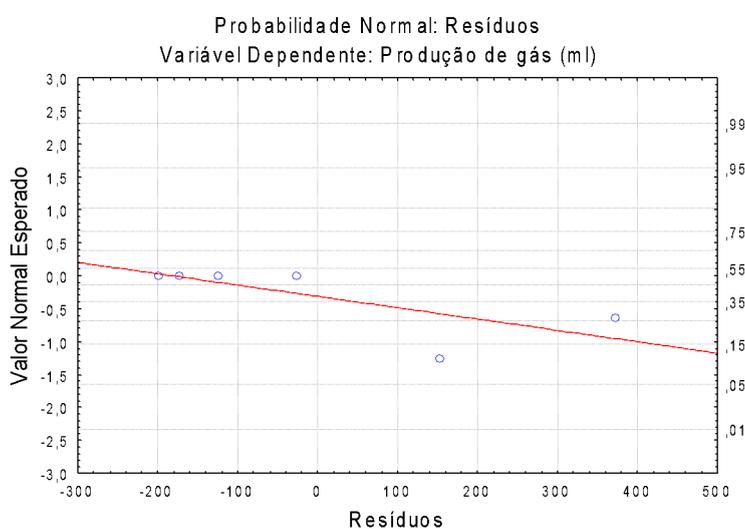


Figura 4 – Normalidade dos resíduos.

Os resultados de produção de gás segundo os tratamentos T1-90 e T2-70, foram avaliados por meio da ANOVA com um fator ao nível de significância de $\alpha=0,05$. A Tabela 3, resume as informações do teste estatístico. E de acordo com o sugerido pela ANOVA, pressupõe-se que não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos no intervalo de confiança avaliado (95%), dado que o p-valor da análise (p-valor=0,343579) foi maior que o nível de significância, $\alpha=0,05$. Ou seja, apesar da média de produção de biogás obtida com a digestão da amostra por 13 dias segundo a diluição com 90% de água (T1-90) ser maior (Tabela 2), esta foi estatisticamente igual a produção de biogás obtida segundo a diluição em 70% de água (T2-70).

Tabela 3 – ANOVA ($\alpha=0,05$) entre os resultados de produção de biogás segundo os tratamentos T1-90 e T2-70.

| Variável | SQ | G.L. | MS | F | p-valor |
|------------|--------|------|-------|---------|----------|
| Tratamento | 71361 | 1 | 71361 | 1,15199 | 0,343570 |
| Erro | 247784 | 4 | 61946 | | |

SQ: soma de quadrados; GL: Graus de Liberdade; QM: Quadrado Médio; F: valor F calculado; p-valor: valor de p. Nota: T1-90: tratamento com diluição da biomassa com 90% de água; T2-70: tratamento com diluição da biomassa com 70% de água.

Na avaliação dos resultados de produção volumétrica de gás (m^3) por massa de cama de aviário (kg), foi verificada a máxima produção de $0,005 m^3/kg$ com o T1-90 e de $0,003 m^3/kg$ com o T2-70. Silveira et al. (2014) obtiveram produções entre $0,023 - 0,032 m^3/kg$; enquanto Ricordi et al. (2008) obtiveram valores entre $0,002 - 0,0025 m^3/kg$. Vicente Jr. et al. (2018), determinaram produção entre $0,015 - 0,112 m^3/kg$ em experimento de digestão da cama de frango, e produção de $0,133 - 0,197 m^3/kg$ em experimento de digestão de cama de frango com dejetos suínos. Kabeyi e Olanrewaju (2021), realizaram uma análise de desempenho de uma unidade frigorífica quanto ao potencial de geração de biogás, e verificaram que a geração presente de $0,117 m^3/kg$ pode aumentar para $6,4 m^3/kg$ após a adoção do projeto proposto.

Com base nos resultados desta pesquisa, sugere-se a continuidade desta investigação, com a reprodução de mais ensaios em escala de bancada. Dado que os tratamentos resultaram em respostas estatísticas iguais, pode-se avaliar a viabilidade da adoção da proporção 70%:30% (água:cama de aviário) em escala real. Para Pasqualini (2020), o uso de biodigestores pode ser considerado um instrumento indispensável às atividades agropecuárias na busca da sustentabilidade do sistema. Lins et al. (2022), já elucidaram a importância de sistemas anaeróbios para a produção de energia limpa, e sua relação com vários Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos, foi possível concluir que o biodigestor se provou como uma alternativa para o tratamento da cama de aviário. A partir dos tratamentos realizados foi analisado que a temperatura média dos tratamentos com 90% e 70% da proporção de água para cama, se mantiveram estáveis durante os dias do experimento, acompanhando a temperatura externa. Quanto aos resultados de produção de gás em cada biodigestor, foi possível verificar que os tratamentos apresentaram valores de produção abaixo do teórico esperado. Contudo, a comparação entre os tratamentos praticados pela presente pesquisa, permite afirmar que a produção média de gás com o tratamento 1 (90% de água para 10% de cama de aviário) foi maior que a produção média obtida com o tratamento 2 (70% de água para 30% de cama de aviário). Entretanto, a análise de variância ($\alpha=0,05$) desenvolvida para a comparação entre os resultados de produção de gás referente a esses dois tratamentos, sugeriu igualdade estatística, ou seja, não houve diferença entre os resultados da produção independente do tipo de tratamento.

Referências

ABPA, Associação Brasileira de proteína animal, relatório anual, 2022, disponível em <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf>>. Acesso em 10 de novembro de 2022.

BALDIN, V.; FROZZA, J. F. & LAFAY, J. S. *Poultry litter: great potential for electrical energy generation in Brazil*. Renewable Energy & Power Quality Journal (RE&PQJ), p. 1058-1063, 2012. <https://doi.org/10.24084/repqj10.580>

FRIGO, K.D.A.; FEIDEN, A.; GALANT, N.B.; SANTOS, R.F.; MARI, A.G. & FRIGO, E.P. *Biodigestores: seus modelos e aplicações*. Acta Iguazu. Vol.4, n.1, p.57-65, 2015. <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/12528/8708>

KABEYI, M. & OLANREWAJU, O. *Slaughterhouse waste to energy in the energy transition with performance analysis and design of slaughterhouse biodigestor*. Journal of Energy Management and

Technology. Vol. 6, n. 3, p. 188-208, 2021. <http://dx.doi.org/10.22109/jemt.2021.292954.1309>

LINS, L.P.; FURTADO, A.C.; MITO, J.Y.L. & PADILHA, J.C. *O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável.* Interações. Vol. 23, n. 4, p. 1275-1286, 2022. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v23i4.3704>

PASQUALINI, A.A. *Aplicação dos biodigestores na pecuária sustentável.* Revista Faculdades do Saber. Vol.5, n. 9, p. 598-609, 2020.

RICORDI, V.G.; TERRES, L.R. & MARTINS, J.L. *Influência do volume de água sobre o potencial hidrogeniônico na digestão anaeróbia da cama de frangos de corte.* In: XVII Congresso de Iniciação Científica e X Encontro de Pós-graduação., 2008, Pelotas. XVII Congresso de Iniciação Científica e X Encontro de Pós-graduação., 2008.

SANTOS, H.S.; ROCHA, T.A.L.C.G.; MIRANDA, S.B.A.; OST, A. & DIAS, G.F.M. *Biodigestor de baixo custo na produção de biofertilizantes e de biogás.* Peer Review. Vol. 5, n. 13, 2023. <http://dx.doi.org/10.53660/609.prw1711>

SARRI, João Carlos Junior. Utilização da cama de frango de aviários para geração de energia elétrica através do Biogás. 2020. Dissertação (Pós-Graduação em Agroenergia) - Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Palmas, Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2269/1/Jo%c3%a3o%20Carlos%20Sarri%20Junior%20-%20Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em 15 de Set de 2022

SILVEIRA, M.A.; KRETZER, S.G.; NAGOAKA, A.K.; ARROYO, N.A.R. & BAUER, F. C. *Produção de biogás em biodigestores de tamanho reduzido abastecidos com cama-de-aviário.* Revista Acta Tecnológica. Vol. 9, n. 2, 2014. <http://portaldeperiodicos.ifma.edu.br/>

VICENTE JR., D.J.; COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.M.; PEREIRA, D.C. & SANTOS, F. T. *Anaerobic digestion and co-digestion of poultry litter submitted to different reuses.* Engenharia Agrícola. Vol.38, n.6, p.961-967, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n6p961-967/2018>