

CAPÍTULO 5

Potencial de geração de energia elétrica com o uso do biogás produzido através da biomassa gerada em uma coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água na zona rural de Massaranduba (SC)

DOI 10.29327/5250847.1-5

Roosevelt Duarte Junior¹
Überson Boaretto Rossa²
Cleder Alexandre Somensi³
Dilamara Riva Scharf⁴
Luana Marcele Chiarello⁵

RESUMO: A crescente demanda por energia faz com que novas fontes energéticas sejam mais aproveitadas. Uma grande alternativa para o crescimento de novas fontes pode ser a utilização da biomassa em sistemas de biodigestão anaeróbica, em que o substrato orgânico é degradado e transformado em energia e biofertilizante.

- 1 - Mestre em Tecnologia e Ambiente. Instituto Federal Catarinense – IFC.
- 2 - Orientador. Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Instituição de vínculo: Instituto Federal Catarinense – IFC.
- 3 - Doutor em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade do Vale do Itajaí, UNIVALI Instituição de vínculo: Instituto Federal Catarinense -IFC, Campus Araquari.
- 4 - Doutora em Química pela Universidade Federal do Paraná – UFPR Instituição de vínculo: Fundação Universidade Regional de Blumenau, FURB.
- 5 - Doutora em Química pela Universidade Federal do Paraná – UFPR Instituição de vínculo: Fundação Universidade Regional de Blumenau, FURB.

zante. Nesse sentido, surge o interesse em obter energia através da biomassa gerada na coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água. Esta biomassa de origem orgânica tem a vantagem de produzir energia limpa/verde, a qual pode ser disponibilizada em forma de calor através da queima do biogás e da eletricidade a partir do biocombustível (biogás) para alimentar grupos geradores (motores). O estudo teve o objetivo de verificar o potencial para a geração de energia com o uso do biogás gerado em uma coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água. O método adotado para a determinação na produção de CH_4 foi o ensaio do BMP (Biochemical methane potential) através de biorreatores em bancada. Para verificar a geração de energia elétrica foi proposta a utilização de um motogerador com uso do biogás como combustível. No estudo realizado, foi verificado que 1 m^3 de biomassa dos dejetos líquidos da coturnicultura (DLC), produz $4,36 \text{ m}^3$ de biogás a cada 45 dias de retenção no biorreator, e quando convertido em energia elétrica através do uso de um motogerador utilizando como combustível o biogás, obtêm-se o valor de 9,30 kwh/dia ou 104,64 kwh/45 dias.

Palavras-chave: Biomassa; Fontes energéticas; Biogás.

POTENTIAL FOR GENERATING ELECTRICITY WITH THE USE OF BIOGAS PRODUCED FROM BIOMASS GENERATED IN A COTURNICULTURE WITH A WATER DEPTH TREATMENT SYSTEM IN THE RURAL AREA OF MASSARANDUBA (BRAZIL)

ABSTRACT: The growing demand for energy means that new energy sources are more used. A great alternative for the growth of new sources can be the use of biomass in anaerobic biodegradation systems, in which the organic substrate is degraded and transformed into energy and biofertilizer. In this sense, there is an interest in obtaining energy from the biomass generated in quail farming with a water depth treatment system. This biomass of organic origin has the advantage of producing clean/green energy, which can be made available in the form of heat through the burning of biogas and electricity from biofuel (biogas) to power generator sets

(engines). The study aimed to verify the potential for energy generation with the use of biogas generated in a quail farm with a water depth treatment system. The method adopted for the determination of methane production was the BMP test (Biochemical methane potential) using benchtop bioreactors. To verify the generation of electric energy, it was proposed the use of a motor generator with the use of biogas as fuel. In the study carried out, it was verified that 1 m³ of biomass from liquid quail farming waste (DLC) produces 4.36 m³ of biogas every 45 days of retention in the bioreactor, and when converted into electricity through the use of a motor generator using as fuel or biogas, a value of 9.30 kWh/day or 104.64 kWh/45 days is obtained. The method adopted for the determination of methane production was the BMP test (Biochemical methane potential) using benchtop bioreactors. To verify the generation of electric energy, it was proposed the use of a motor generator with the use of biogas as fuel. In the study carried out, it was verified that 1 m³ of biomass from liquid quail farming waste (DLC) produces 4.36 m³ of biogas every 45 days of retention in the bioreactor, and when converted into electricity through the use of a motor generator using as fuel or biogas, a value of 9.30 kWh/day or 104.64 kWh/45 days is obtained. The method adopted for the determination of methane production was the BMP test (Biochemical methane potential) using benchtop bioreactors. To verify the generation of electric energy, it was proposed the use of a motor generator with the use of biogas as fuel. In the study carried out, it was verified that 1 m³ of biomass from liquid quail farming waste (DLC) produces 4.36 m³ of biogas every 45 days of retention in the bioreactor, and when converted into electricity through the use of a motor generator using as fuel or biogas, a value of 9.30 kWh/day or 104.64 kWh/45 days is obtained.

Key words: Biomass; Energy sources; Biogas.

1. Contextualização do problema e Estado da Arte

O aumento constante das emissões do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico indicam uma urgência em desenvolver soluções de energia renovável e limpa e, para tanto, as forças econômicas e

de mercado que afetam as taxas de adoção de tecnologias energéticas devem ser consideradas (ROSA; ORDÓÑEZ, 2022).

O contínuo crescimento da população mundial e a sua demanda por alimentos fizeram uma grande pressão para o desenvolvimento do setor agropecuário, entretanto, não houve preocupação com os impactos ambientais negativos que essas atividades trazem ao meio ambiente, de forma que hoje se torna essencial a utilização de práticas sustentáveis para mitigar a emissão de gases do efeito estufa e reduzir a degradação ambiental (MIELE *et al.*, 2015).

Com passar dos anos, os produtores observaram a importância de tratar ou, pelo menos, armazenar os dejetos produzidos para posteriormente serem usados como fertilizantes em áreas agrícolas.

O modelo mais adotado por muitos produtores sempre foi o uso de lagoas de estabilização para armazenar e também tratar os efluentes da atividade. A implantação das lagoas de estabilização consagrou-se no tratamento de efluente, pois, além do baixo custo e manutenção, mostra-se eficaz na remoção da matéria orgânica (DIAS *et al.*, 2006).

Com a implantação desse sistema, acabou reduzindo a contaminação do solo e da água provocada pelos efluentes rurais. Porém, a lagoa de estabilização tem sua desvantagem, que é a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera.

De acordo com o Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para consolidação da economia de baixa emissão de carbono na agricultura, conhecido como Plano “ABC”, um sistema eficaz de tratamento de dejetos propicia uma redução na emissão de metano (CH_4), o que representa o equacionamento de um problema ambiental e também possibilita um aumento na renda dos agricultores, seja pelo composto orgânico produzido ou pela geração de energia automotiva, térmica e elétrica por meio do uso do biogás (BRASIL, 2012).

Compreende-se que um ótimo sistema de tratamento de dejetos deve ser aquele que minimiza o impacto negativo ao meio am-

biente e maximiza os impactos positivos ao meio ambiente (recuperação dos recursos energéticos, aumento da produtividade e da sustentabilidade do produtor) (KUNZ; ENCARNAÇÃO, 2007).

De acordo com a União Brasileira de Avicultura (2008), os dejetos de poedeiras têm um grande potencial biológico, com um alto potencial de aproveitamento da matéria-prima para fertilizantes e fonte energética.

No Brasil, em 2020, existia um plantel de 16,7 milhões de codornas, sendo o estado do Espírito Santo o com maior rebanho de codornas, seguido respectivamente dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Ceará (IBGE, 2020). Com o crescimento da atividade da coturnicultura de postura, há como consequência o aumento da geração dos dejetos das codornas.

O tratamento de dejetos da coturnicultura será abordado neste estudo, considerando a utilização de biodigestores, que é uma das tecnologias indicadas para os produtores de animais, os quais visam se adequar às leis relacionadas à Política Nacional do Meio Ambiente.

Os biodigestores anaeróbios são compostos por duas partes: uma câmara fechada, que permite a digestão da biomassa, e um gasômetro ou campânula que serve para armazenar o biogás e, por fim, tem-se um efluente rico em nutrientes (SALES FILHO, 2014).

No interior do biodigestor é que acontecem todas as etapas de digestão anaeróbica e produção do gás. A digestão anaeróbica é um processo biológico que acontece em diversas etapas da degradação da matéria orgânica, com a finalidade de produzir biogás e digestato em ambientes sem a presença de oxigênio. Habitualmente, o processo acontece em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CAPSON-TOJO *et al.*, 2016).

A implementação de biodigestores nos sistemas de produção animal é essencial, pois promovem o tratamento do resíduo e retornam parte da energia que seria perdida de volta ao sistema pro-

duto, através da queima do biogás (SILVA *et al.*, 2005; ORRICO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2007).

O biogás foi descoberto no século XVIII, por Alessandro Volta, e iniciou sua produção em grande escala em biodigestores distribuídos pela China e Índia com o propósito de suprir as necessidades energéticas na zona rural (SILVEIRA, 1981).

Atualmente a conversão energética do biogás pode ser uma solução para o grande volume de resíduos produzidos, pois traz ainda a redução do potencial tóxico das emissões de CH₄, e produz energia elétrica, agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custos (COSTA, 2002).

Segundo Milanez *et al.* (2018), o biogás está apresentando um crescimento considerável no Brasil, tendo em vista que, em 2016, o país tinha em torno de 120 MW de capacidade instalada para geração elétrica a partir do biogás, um volume seis vezes superior ao registrado em 2007.

O biogás ainda possui a vantagem de ser gerado de modo contínuo, o que o difere da energia solar e eólica, sendo possível estocá-lo com baixo custo, seja como matéria-prima, ou como gás comprimido (MILANEZ *et al.*, 2018).

Na literatura, pode-se encontrar estudos com a objeção de verificar o potencial de produção de biogás através dos mais variados tipos de substratos utilizando-se a biodigestão anaeróbica.

No trabalho de Silva *et al.* (2021), os autores analisaram o potencial máximo de geração de biogás e CH₄ a partir das combinações de cama de codorna (substrato) + lodo granulado (inóculo), o que apresentou potencial para biogás (0,000220 Nm³.g⁻¹VS) e CH₄ (0,000086 Nm³.g⁻¹VS).

Lucas Jr. *et al.* (1997) *apud* Lucas Jr. e Santos (2000) estudaram a biodigestão anaeróbica dos resíduos da coturnicultura em biodigestores contínuos, sob quatro tempos de retenção hídrica (TRH) de 30, 20, 15 e 10 dias e obtiveram significativo potencial para produção de biogás de 2,47 m³; 1,90 m³; 1,29 m³; 1,11 m³, por m³ biodigestor, respectivamente, ao THR.

Considerando esta possibilidade de potencial de produção de CH_4 , essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de identificar a melhor época de retirada do dejetos líquido da coturnicultura (DLC) proveniente da produção de ovos de codornas, com o intuito de aumentar a produção de biogás, utilizando biodigestores em sistema de batelada e, posteriormente, identificar o potencial de geração de energia elétrica com o uso do biogás produzido.

2. Introdução

Está ocorrendo uma transição no setor energético em busca de uma menor dependência de combustíveis fósseis através de geração de energia limpa, em especial, de fontes renováveis (MENDEZ *et al.*, 2013).

Em um futuro não muito distante, existe a tendência de se esgotar as fontes tradicionais de energia como o carvão e o petróleo e, por isso, é emergencial a busca por novas fontes de energia, em especial as de recursos renováveis, que sejam limpas.

As fontes tradicionais apresentam-se ainda com custos crescentes de produção e impactos socioambientais relevantes enquanto que o aproveitamento de fontes renováveis como a biomassa (destaque para o biogás) é visto como fonte privilegiada (MILANEZ *et al.*, 2018).

O aproveitamento do biogás gerado a partir da biodigestão anaeróbica tem se tornado uma escolha eficiente para o tratamento dos dejetos de animais. Vale ressaltar que este dejetos requer atenção especial, pois caso não seja manejado de maneira correta poderá causar danos ambientais, como contaminação do ar e do lençol freático (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2011).

O Brasil, em 2020, tinha 16,7 milhões de codornas, sendo o estado do Espírito Santo com maior rebanho de codornas, seguido respectivamente dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Ceará (IBGE, 2020). Com intensificação da atividade da coturnicultura de postura, tem-se como consequência o aumento da geração dos dejetos das codornas.

No passado, os dejetos não tinham valor agregado no sistema produtivo, tornando-se uma fonte de poluição. Hoje, a produção de dejetos tem um valor energético considerável, com potencial de aproveitamento e ainda possibilidade de redução do impacto ambiental negativo (HACHMANN *et al.*, 2013).

A destinação final dos dejetos das aves de postura, de forma racional, ambiental e econômica, com a finalidade de alcançar o potencial energético e a minimização do impacto ambiental negativo, pode ser alcançada através da digestão anaeróbica (PINHEIRO *et al.*, 2022).

A digestão anaeróbia apresenta-se como uma das mais vantajosas, uma vez que, após o processo de fermentação, é obtido o biogás e o fertilizante, que possuem alto valor como fontes energéticas (PALHARES, 2004).

Nos dias atuais, a sociedade mundial tem uma matriz de produção de energia elétrica formada principalmente por fontes não renováveis, como o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (IEA, 2019). No Brasil, ocorre o inverso do restante do mundo, pois o país apresenta uma matriz elétrica predominantemente renovável, contando com 82% de sua capacidade de geração de energia provenientes de fontes renováveis, como: solar, eólica, biomassa e hidráulica (EPE, 2016).

A utilização de energias renováveis está contribuindo para diminuir as emissões dos gases do efeito estufa. E uma das fontes de energia que possui grande potencial no Brasil é a biomassa, a qual se constitui em resíduos agrícolas, tanto animal quanto vegetal, resíduos de agroindústrias, e culturas energéticas (RÊGO *et al.*, 2020; BRITO *et al.*, 2020; QUEIROZ *et al.*, 2021).

No ano de 2012, a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, com o propósito de normatizar a geração distribuída de eletricidade com fontes renováveis, publicou a Resolução Normativa (RN) nº 482/2012, a qual regulamenta a produção de energia elétrica por meio de pequenas centrais geradoras (micro e minigeração

de energia) e estabeleceu o Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Este sistema permite que a energia elétrica gerada seja utilizada na própria unidade consumidora e o excedente seja distribuído na rede para que, nas próximas faturas, seja compensado como crédito de energia (WEIRICH, 2021).

A oportunidade de criação de fontes energéticas descentralizadas e de pequena escala é de extrema importância para buscar a sustentabilidade. As unidades que operam com fontes renováveis e não exigem alta tecnologia para instalação ou mão de obra especializada para sua execução são os modelos ideais para atender os produtores rurais a fim de reduzir sua demanda das concessionárias de energia elétrica (COLDEBELLA, 2006).

Atualmente, com as diversas opções de biomassa, houve um crescimento no uso das fontes alternativas de energia devido à crescente demanda do consumo e também à necessidade de se utilizar fontes renováveis e sustentáveis para gerar energia elétrica.

Para atingir o efeito de crescimento em fontes renováveis como a biomassa se faz necessário avaliar o potencial de biodegradabilidade dos substratos e seus potenciais de produção de biogás. O teste do BMP é, hoje, o parâmetro mais relevante para estimar o potencial de produção de bioenergia acumulada na forma de CH₄ (TRIOLO *et al.*, 2011).

De acordo com Angelidaki *et al.* (2009), o biogás produzido poder ser medido por meio de diferentes técnicas, tais como: métodos volumétricos, manométricos, métodos de cromatografia gasosa com detectores de ionização por chama ou condutividade térmica.

A biomassa possui energia química da transformação energética provida pela radiação solar e essa energia pode ser disponibilizada pela combustão direta ou convertida em outras fontes de energia, através de outros processos tecnológicos (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Entretanto, para utilizar o biogás como combustível em motores, será necessário identificar a sua produção, a composição quí-

mica e os parâmetros que determinam o real potencial de geração de energia elétrica.

Na atualidade, tem-se diversas tecnologias para realizar a conversão energética do biogás. Compreende-se por conversão energética o processo que modifica um tipo de energia em outro, como por exemplo o biogás, em que a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica através de um processo de combustão interna do tipo “Ciclo – Otto” (motores de combustão interna). Essa tecnologia de combustão interna é a de uso mais frequente, segundo Coelho *et al.* (2006).

Nesse contexto, o objetivo principal desse estudo foi verificar o potencial para a geração de energia com o uso do biogás gerado através da biomassa produzida em uma coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d’água na zona rural de Massaranduba (SC).

2. Materiais e métodos

Para verificar o potencial de geração de energia elétrica com o uso do biogás produzido através da biomassa gerada em uma coturnicultura, foi realizada pesquisa em granja de codornas localizada no município de Massaranduba, Estado de Santa Catarina, situada na Latitude: 26° 34’ 30” sul e Longitude: 48° 55’ 04” oeste.

A Figura 1 mostra a localização da propriedade em estudo.

Figura 1. Localização da coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água no município de Massaranduba (SC).

Figure 1. Location of coturniculture with water depth treatment system in the city of Massaranduba (SC, Brazil).



Fonte: Google Earth (2022).

Os proprietários da granja dedicam-se à agricultura familiar e à granja de produção de ovos de codornas, equipada com sistema de tratamento de dejetos por lâmina d'água, com plantel de 32 mil aves de postura criadas em gaiolas suspensas. A principal atividade da granja é a produção e comercialização de ovos na região.

Os dejetos da coturnicultura gerados pelo sistema de produção são depositados em um sistema de tratamento por lâmina d'água e, em seguida, conduzidos a uma esterqueira, que depois de tratado, será utilizado como biofertilizante para fertirrigação.

Para alcançar o objetivo proposto, foi utilizado o Ensaio BMP (*Biochemical methane potential*), pelo qual é possível quantificar e qualificar a produção de biogás produzido pela biomassa e, posteriormente, estimar a geração de energia elétrica na coturnicultura. Nesse sentido, foram feitas as análises, seguindo as etapas a seguir.

2.1 Determinação na produção de metano

Para a composição experimental, utilizaram-se amostras de DLC de três concentrações de deposição, 15, 30 e 45 dias (substrato + inoculo) e o inóculo, configurando-se quatro tratamentos em triplicata. Foram analisados os dados de geração e produção de biogás e CH_4 após 45 dias, com a leitura da pressão dos manômetros e análise cromatográfica do gás de alívio. Para o inóculo, utilizou-se o dejetto do tanque da esterqueira da granja de produção de ovos de codornas.

A realização do ensaio confeccionou biorreatores em bancada de volume de 250 mL e em condições mesófilas ($37 \pm 2^\circ\text{C}$) através de uma estufa de laboratório. O teste foi realizado com a relação substrato/inóculo (5:1), no qual pretendeu analisar a produção e o percentual de biogás e CH_4 . O tempo de retenção hídrica (TRH) nos biorreatores foi de 45 dias.

2.2 Geração de energia elétrica a partir do biogás

Após mensurar a produção total de biogás, o estudo considerou a utilização do biodigestor acoplado ao motogerador para a conversão do biogás em energia elétrica. De acordo com a metodologia do Centro para Convenção de Energia (CCE, 2000) adaptada por Marques (2012), ao adaptar o motogerador de origem a diesel para o uso do biogás como combustível, há um resultado de equivalência de 25% na transformação do biogás em energia elétrica.

A metodologia utilizada por Marques (2012) monitorou o consumo de biogás ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) no motor na geração de energia elétrica (kWh), através de um medidor de fluxo de massa de dispersão térmica, modelo Thermatel TA2 Enhanced.

Já para identificar a qualidade do biogás (percentual de CH_4), o autor utilizou um analisador para gases do tipo Drager X-am 7000 e a produção de energia elétrica (kWh) foi obtida através de um medidor e registrador portátil (SMART METER T), que pos-

sibilitou gerar gráficos e relatórios em conformidade com a resolução 505 da ANEEL.

Ao final do estudo e com os valores de combustível consumido, potência medida e tempo (horas), foram calculados o consumo específico de combustível e a eficiência do sistema motor gerador, conforme as equações 1 e 2 (MIALHE, 1996 *apud* MARQUES, 2012) a seguir:

Equação 1: Consumo específico de combustível (C_e), em $m^3.kWh^{-1}$

$$C_e = \frac{Ch}{P_e}$$

onde: Ch é o consumo horário de biogás ($m^3.h^{-1}$) P_e é a potência ativa

Equação 2: Eficiência da Conversão de Biogás em Energia Elétrica

$$\eta = \frac{P_e}{Ch \cdot PCI}$$

onde : η é a eficiência do sistema motor gerador
 PCI é o poder calorífico inferior do biogás ($kWh.m^3$)

3. Resultados e discussão

Conforme o método proposto no estudo, foi realizado o ensaio de BMP, a fim de obter a produção de biogás por m^3 de biomassa de DLC e também a estimativa da geração de energia elétrica a partir do biogás.

3.1 Avaliação da produção de biogás e metano

A composição do biogás e os resultados da geração de biogás e CH_4 obtidos a partir do ensaio, contendo o dejetos do tanque da esterqueira da granja (inóculo) e DLC com deposição de 15, 30 e 45 dias, estão descritos na Tabela 8, através do volume de biogás e CH_4 acumulado em condições normais de temperatura e pressão (Nm^3).

Tempo de deposição	Tratamento	CH ₄	CO ₂	Volume de Biogás Acumulado CNTP m ³	Volume de CH ₄ Acumulado CNTP m ³	m ³ de Biogás /m ³ de Biomassa
Inóculo	T1	36,5Cc	17,98Ab	0,00009Cc	0,000032Dc	0,5Cc
15 dias	T2	74,41Aa	23,17Aab	0,000478Bb	0,000356Bb	2,65Bb
30 dias	T3	73,59Aa	22,39Aab	0,000784Aa	0,000575Aa	4,36Aa
45 dias	T4	56,61Bb	29,16Aa	0,000372Bb	0,000214Cb	2,07Bb
CV (%)		7,83	18,1	20,68	18,87	20,63

Legenda: T1 = dejetos do tanque da esterqueira da granja; T2 = dejetos líquidos da coturnicultura com deposição de 15 dias; T3 = dejetos líquidos da coturnicultura com deposição de 30 dias; T4 = dejetos líquidos da coturnicultura com deposição de 45 dias.

Nota: Letras maiúsculas indicam teste Scott-Knott e letras minúsculas indicam teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Os Autores (2022).

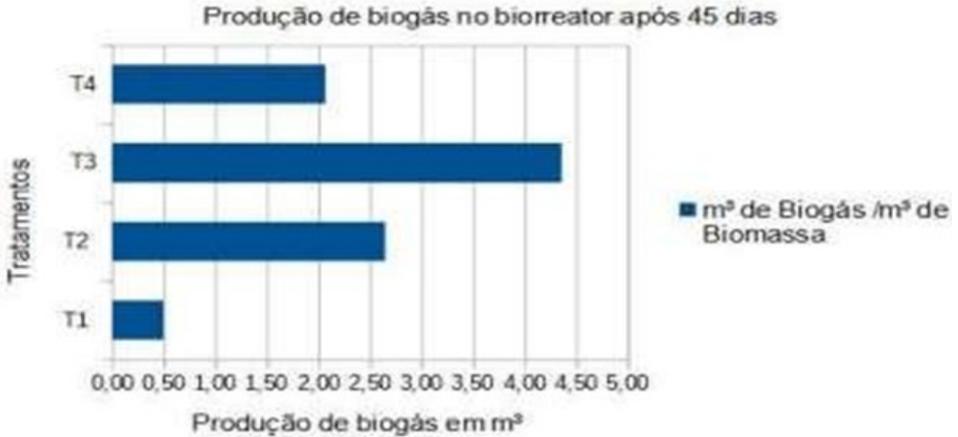
Na Tabela 8, observa-se também um aumento da produção de biogás e CH₄ dos tratamentos T2, T3 e T4 após 45 dias de retenção, quando comparados o volume acumulado (Nm³) e m³ de biogás/m³ de biomassa, com o tratamento de controle T1.

O aumento no percentual de CH₄ também foi identificado nos tratamentos T2, T3 e T4, que obtiveram mais de 37,91%, 37,09% e 20,11%, respectivamente, que a amostra controle.

Embora todos os tratamentos com adição de DLC tenham apresentado aumento no volume acumulado (Nm³), o tratamento com adição de deposição de 30 dias (T3) também obteve a maior produção de biogás (0,000784 m³) e CH₄ (0,000575 m³), tendo maior potencial energético expresso em m³ de produção de biogás por m³ de biomassa (4,36 m³). No entanto, observou-se que o tratamento T3 terá a maior geração de biogás e CH₄ (Figura 13).

Figura 13. Produção do Biogás gerada através da biomassa do dejetos líquido da coturnicultura com 45 dias de retenção no biorreator.

Figure 13. Biogas production generated through the biomass of liquid waste from quail farming with 45 days of retention in the bioreactor



Fonte: Os Autores (2022)

Lucas Jr. *et al.* (1997) *apud* Lucas Jr. e Santos (2000) estudaram a biodigestão anaeróbia dos resíduos da coturnicultura em biodigestores contínuos, sob quatro tempos de retenção hídrica (TRH) de 30, 20, 15 e 10 dias e obtiveram significativo potencial para produção de biogás de 2,47 m³; 1,90 m³; 1,29 m³; 1,11 m³, por m³ biodigestor, respectivamente, ao THR. Assim, pode-se inferir que os resultados obtidos neste estudo são próximos aos encontrados por Lucas Jr. *et al.* (1998) quando comparados com o tempo de retenção hídrica.

3.2 Avaliação de geração de energia elétrica a partir do biogás

A quantidade de m³ produzidos na coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água é atualmente de 96 m³ a cada 45 dias. Em uma simulação, caso fosse instalado um biodigestor na propriedade, este poderia produzir 4,36 m³ de biogás por m³ de biomassa, de acordo com os resultados obtidos no teste BMP, totalizando 418,56 m³ de biogás produzidos a cada 45 dias. Com es-

te volume de biogás produzido com o DLC, e sendo convertido em energia elétrica através do uso de um moto gerador utilizando como combustível o biogás, se chegaria a um valor de 9,30 kwh/dia ou 104,64 kwh/45 dias.

Analisando uma fatura de energia elétrica disponibilizada pela propriedade, foi possível identificar o consumo médio de 23,20 kwh/dia e consumo médio faturado por mês de 571kwh/30 dias. Ao realizar uma comparação do consumo de energia elétrica da propriedade com a energia elétrica que será produzida a partir do biogás, constata-se que a propriedade não teria condições de ser autossuficiente, considerando a atual quantidade de biomassa gerada pelo DLC.

Com o objetivo de aprimorar sistemas deste tipo, sugere-se como proposta a transformação da esterqueira em biodigestor. Para isso, os dispositivos de entrada e saída deverão ser modificados com tubulações e também deverão ser acrescentados a colocação de uma manta com lastro e selo hídrico, conforme recomendam Ranzi e Andrade (2003).

4. Conclusão

Essa pesquisa teve o intuito de verificar o potencial para a geração de energia com o uso do biogás gerado através da biomassa produzida em uma coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água na zona rural de Massaranduba (SC). Para isso, foi utilizado o método BMP, chegando-se à conclusão de que é viável, do ponto de vista técnico, a implantação de um biodigestor acoplado ao motogerador.

Já do ponto de vista ambiental, embora os impactos ambientais e a viabilidade econômica não tenham sido abordados diretamente neste estudo, é possível dizer que alguns impactos ambientais negativos se transformarão em impactos ambientais positivos, tanto para o meio ambiente, como para o coturnicultor, como por exemplo a minimização da liberação de gases nocivos e a redu-

ção dos custos econômicos através do biofertilizante e da geração de energia para consumo próprio na atividade.

Por fim, entende-se que esse estudo contribuiu para o entendimento de que a atividade rural em conjunto com a tecnologia atual possui potencial para estabelecer uma relação harmônica com o meio ambiente, tendo como um de seus resultados as novas fontes de energia limpa e sustentáveis para o Brasil.

5. Considerações finais

Os dejetos líquidos da coturnicultura com sistema de tratamento por lâmina d'água demonstraram ser bons substratos para o processo de digestão anaeróbia, apresentando potencial energético para a utilização desses materiais como fonte alternativa de energia.

O ensaio BMP se apresenta como uma excelente ferramenta experimental para determinação do potencial de geração de biogás de dejetos líquidos de codornas.

Os inóculos utilizados neste trabalho demonstraram boa adaptação aos substratos e ao processo como um todo. Este fato foi evidenciado pelos potenciais de produção de biogás mais elevados alcançados pelos substratos com adição de inóculo quando comparados sem adição de inóculo. Ressalta-se também que a utilização de um inóculo com uma população microbiana adaptada ao dejetos favoreceu a partida do processo, assim como melhorou o desempenho dos biodigestores.

O melhor potencial de geração de biogás dos dejetos líquidos da coturnicultura de Massaranbuba-SC obtido nos ensaios foi de $0,0112\text{m}^3/\text{kg}$ de sólidos totais, no tratamento com adição de deposição de 30 dias (T3). Este potencial pode representar que 1 m^3 de biomassa dos dejetos líquidos da coturnicultura (DLC), produz $4,36\text{ m}^3$ de biogás a cada 45 dias de retenção no biorreator e, quando convertido em energia elétrica através do uso de um motogerador utilizando como combustível o biogás, obtêm-se o valor de $9,30\text{ kwh/dia}$ ou $104,64\text{ kwh/45 dias}$.

6. Referências

- ALVES, A. D. Avaliação de compostos orgânicos provenientes de resíduos da agropecuária para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*). 2018. 34f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/4628#preview-link0>>. Acesso em: 19 mai. 2022.
- ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; BORZACONNI, L.; GUWY, A. J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN LIER, J. B. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Science and Technology*, v. 59, n. 5, p. 927–934, 2009. Disponível em: <<https://iwaponline.com/wst/article-abstract/59/5/927/15563/Defining-the-biomethane-potential-BMP-of-solid>>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- APPELS, L.; BAEYENS, J.; DEGRÈVE, J.; DEWIL, R. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 34, n. 6, p. 755–781, 2008. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128508000312>>. Acesso em: 18 dez. 2022.
- BLASIUS, J. P. Influência de diferentes composições de resíduos alimentares no processo de biometanização. 2019. 113f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp). Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181887>>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para consolidação da economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Brasília: MAPA/AC, 2012. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2022.
- BRITO, M. R.; OUTA, R.; CHAVARETTE, F. R.; GONÇALVES, A. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; MIRANDA, R. S. Análise das propriedades do biodiesel da polpa do abacate como lubrificante: teste pin on disk. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, e136973886, p. 1-18, 2020. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/341261895_Analise_das_propriedades_do_biodiesel_da_polpa_do_abacate_como_lubrificante_teste_pin_on_disk/fulltext/5eb6101d4585152169c10118/Analise-das-propriedades-do-bodie>

sel-da-polpa-do-abacate-como-lubrificante-teste-pin-on-disk.pdf>. Acesso em 19 dez. 2022.

- CABIROL, N.; BARRAGÁN, E. J.; DURÁN, A.; NOYOLA, A. Effect of aluminium and sulphate on anaerobic digestion of sludge from wastewater enhanced primary treatment. *Water Science and Technology: a journal of the Association on Water Pollution Research*, v. 48, n. 6, p. 235 - 240, 2003. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14640223/#:~:text=It%20was%20found%20that%20at,the%20same%20type%20of%20bacteria>>. Acesso em 16 dez. 2022.
- CAPSON-TOJO, G.; ROUEZ, M.; CREST, M.; STEYER, J. P.; DELGENÈS, J. P.; ESCUDIÉ, R. Food waste valorization via anaerobic processes: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 15, n. 3, p. 499–547, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-016-9405-y>>. Acesso em 04 mai. 2022.
- CENTRO PARA CONVENÇÃO DE ENERGIA – CCE. Guia Técnico do Biogás. Algés: Ed. JE92 Projetos de Marketing Ltda., junho 2000.
- CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. *Bioresource technology*, v. 99, n. 10, p. 4044–64, jul. 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852407001563>>. Acesso em 17 dez. 2022.
- COELHO, S. T.; VELÁSQUEZ, S. M. S. G.; SILVA, O. C.; PECORA, V.; ABREU, F. C. Geração de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto. Campinas/SP: 2006. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/070.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2022.
- COLDEBELLA, A. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/2841>>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- COSTA, D. F. Biomassa como fonte de energia, conversão e utilização. 2002. Monografia (Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia), Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo.
- COSTA, L. V. C. da. Produção de biogás utilizando cama de frango diluída em água e em biofertilizante de dejetos de suínos. 2012. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101710>>. Acesso em 20 dez. 2022.

- DE BONA, E.; STEINMETZ, R., SOMER, J.; LINS, L., VIANCELLI, A.; KUNZ. Cama de Frango como substrato para a produção de biogás após diferentes períodos de estocagem. In: Anais do V Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. 09 a 11 de maio de 2017, Foz do Iguaçu, p. 451–455, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165642/1/final8602.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2022.
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from waste and renewable resources. 2 ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
- DIAS, C. A.; BITENCOURT, M. I. P.; BEUX, S. Estimativa do desempenho das lagoas de estabilização em um laticínio. Synergismus Scyentifica, v. 1, n. 2, p. 25-30, 2006. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/2491>. Acesso em: 14 jul. 2022.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional. Relatório síntese: ano-base 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-126/topico92/Relat%C3%B3rio_S%C3%Adntese_2016.pdf. Acesso em: 11 ago. 2022.
- ESPOSITO, G.; LIOTTA, F.; PANICO, A.; PIROZZI, F. Bio-Methane Potential Tests to Measure the Biogas Production from the Digestion and Co-Digestion of Complex Organic Substrates. The Open Environmental Engineering Journal, v. 5, p. 1-8, 2012. Disponível em: <<https://benthamopen.com/contents/pdf/TOENVIEJ/TOENVIEJ-5-1.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2022.
- FIRMO, A. L. B. Estudo numérico e experimental da degradação de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos. 2013. 268f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12875>>. Acesso em 28 jul. 2022.
- FUKAYAMA, E. H. Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008. 121f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <<http://javali.fcav.unesp.br/sgcd/Home/download/pgtrabs/zoo/d/2833.pdf>>. Acesso em 16 dez. 2022.
- HACHMANN, T. L.; LAURETH, J. C. U.; PARIZOTTO, A. A.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Resíduos de aves e suínos: Potencialidades. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 8, n. 5,

- p. 59-65, 2013. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2368>>. Acesso em: 24 jul. 2022.
- HANSEN, T. L.; SCHMIDT, J. E.; ANGELIDAKI, I.; MARCA, E.; JANSEN, J. L. C.; MOSBÆK, H.; CHRISTENSEN, T. H. Method for determination of methane potentials of solid organic waste. *Waste Management*, v. 24, n. 4, 393–400, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X0300223X>>. Acesso em: 15 mai. 2022.
- HARRIES C. R.; CROSS C. J.; SMITH, R. Development of a biochemical methane potential (BMP) test and application to testing of municipal solid waste samples. In: *Anais do Simpósio Internacional de Gerenciamento de Resíduos e Aterros Sanitários*. Cagliari, Italy: v. 1, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/313069377_Development_of_a_biochemical_methane_potential_BMP_test_and_application_to_testing_of_municipal_solid_waste_samples>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *Matriz energética mundial 2016*. França, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics>. Acesso em: 11 ago. 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Produção Agropecuária 2020*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria>>. Acesso em: 15 set. 2022.
- JURGUTIS, L.; SLEPETIENE, A.; VOLUNGEVICIUS, J.; AMALEVICIUTE-VOLUNGE, K. Biogas production from chicken manure at different organic loading rates in a mesophilic full scale anaerobic digestion plant. *Biomass and Bioenergy*, v. 141, out. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953420302270>>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- KUNZ, A. Biodigestão anaeróbia, parâmetros de interesse e manejo de instalações. In: *Capacitação em tecnologias do biogás para operação e tomada de decisão em condomínios de agroenergia*. Foz do Iguaçu, 2011.
- KUNZ, A.; ENCARNAÇÃO, R. Tratamento de dejetos de animais. In: *GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P. Gestão Ambiental na Agropecuária*. 21. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 167-191, 2007.
- LUCAS JR. J., SANTOS T. M. B. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: *Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola*, Concórdia/SC, 2000.
- LUCAS JR., J.; SANTOS, T. M. B. Biodigestão anaeróbia de dejetos de aves de postura, considerando quatro tempos de retenção hidráulica.

- ca. In: BALBUENA et al. (Ed.). *Ingenieria Rural y Mecanizacion en el Âmbito Latinoamericano* La Plata: UNLP, 1998, p. 346-351.
- MARCHIORO, V.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C.; GASPARETO, T. C.; TREICHEL, H.; KUNZ, A. Poultry Litter Solid State Anaerobic Digestion: Effect of Digestate Recirculation Intervals and Substrate/Inoculum Ratios on Process Efficiency. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 2, p. 1-10, ago. 2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2018.00046/full>>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- MARQUES, C. A. Microgeração de energia elétrica em uma propriedade rural utilizando biogás como fonte primária de energia elétrica. 2012. 81f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/819?mode=full>>. Acesso em: 19 jun. 2022.
- MENDEZ, L. F. R.; ERTHAL JÚNIOR, M.; HOSKEN, L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, v. 4, n. 1, p. 338-345, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufrj.br/index.php/producaoengenharia/article/view/28814>>. Acesso em: 22 ago. 2022.
- MIELE, M.; SILVA, M. L. B.; NICOLOSO, R. S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de usinas de biogás. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, n. 1, p. 31-46, jan./mar. 2015. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/964>>. Acesso em: 10 ago. 2022.
- MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; SOUZA, J. A. P.; LEMOS, M. L. F. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. *BNDES Setorial* 47, p. 221-276, 2018. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15384>>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. *Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações*. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2003.
- OLIVER, A. P. M. (org.) *Manual de treinamento em biodigestão*. Salvador: Winrock International Brasil. 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/6686420/MANUAL_DE_TREINAMENTO_EM_BIODIGEST%C3%83O>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- ORRICO, A. C. A.; LUCAS JÚNIOR, J.; ORRICO JÚNIOR, M. A. P. Caracterização e biodigestão anaeróbia dos dejetos de caprinos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 639-647, set./dez. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eaagri/a/4zQNhk5RgfbfK-8TB3YvqV8s/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 12 jul. 2022.

- PALHARES, J. C. P. Uso da cama de frango na produção do biogás. Circular Técnica. Concórdia: EMBRAPA, 2004.
- PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da Coturnicultura no Brasil. Revista Eletrônica Nutritime, v. 9, n. 6, p. 2041–2049, nov./dez. 2012. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/180%20-Panorama%20da%20coturnicultura_.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.
- PATTANAİK, L.; PATTNAİK, F.; SAXENA, D. K.; NAIK, S. N. Biofuels from agricultural wastes. Second and Third Generation of Feedstocks: The Evolution of Biofuels, p. 103- 142, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128151624000057#:~:text=Agricultural%20wastes%20are%20a%20major,%2C%20biohydrogen%2C%20and%20biodiesel>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- PINHEIRO, T. S.; GOMES, M. C.; DOURADO, A. C. C.; SILVA, J. F. Tratamento de resíduos da avicultura de postura por digestão anaeróbia: redução dos sólidos voláteis. Rev. Augustus, v. 29, n. 56, p. 193-201, 2022. Disponível em: <<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/734/541>>. Acesso em: 02 set. 2022.
- QUADROS, D. G.; OLIVER, A. P. M.; REGIS, U.; VALLADARES, R.; SOUZA, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 3, p. 326-332, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tpq3rw6z-V7RLmqhKQcqNFWJ/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 01 set. 2022.
- QUEIROZ, I. R.; COSTA, A. S. V.; ALMEIDA, I. C.; BARROS, G. F.; ALVES, W. M.; SOUZA, M. C.; FRANCO, M. L.; POMPERMAYER, R. S.; SOUZA, A. O.; FERREIRA, A. C. O biocombustível no Brasil: potencialidades da cultura do Crambe abyssinica para produção de biodiesel. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, p. e11510514618, 2021. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/O-biocombust%C3%Advel-no-Brasil%3A-potencialidades-da-do-Queiroz-Costa/b8a8af9d4305478860d509b9096ed344d8a6985c>>. Acesso em 03 jan. 2023.
- RANZI, T. J. D. Estudo de viabilidade de transformação de esterqueiras e bioesterqueiras para dejetos de suínos em biodigestores rurais visando o aproveitamento de biofertilizante e do biogás. 2003. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas), Universidade Federal de Santa Catarina.
- RÊGO, D. M. G.; SILVA, L. C.; OLIVEIRA, M. N. M.; MELO, R. P. F.; CARMO, S. K. S. Planejamento fatorial e avaliação econômica do processo de produção de biodiesel a partir da gordura suína. Research

- Society and Development, v. 9, n. 9, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343863948_Planejamento_fatorial_e_avaliacao_economica_do_processo_de_producao_de_biodiesel_a_partir_da_gordura_sui_na>. Acesso em: 27 ago. 2022.
- ROCHA, L.; SOARES, T. C.; ARAÚJO, F. F. Avaliação de biodigestor para uso domiciliar na reciclagem de resíduos semi-sólidos orgânicos. *Colloquium Exactarum*, v. 1, n. especial, p. 120-130, 2009. Disponível em: <<http://journal.unoeste.br/suplementos/enepe-2009/documentos/areas/exactarum/EngSanitaria.pdf>>. Acesso em 04 jan. 2023.
- RODRIGUES, R. P.; RODRIGUES, D. P.; KLEPACZ-SMOLKA, A.; MARTINS, R. C.; QUINA, M.J. Comparative analysis of methods and models for predicting biochemical methane potential of various organic substrates. *Science of The Total Environment*, v. 649, p. 1599 – 1608, fev. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971833242X>>. Acesso em: 10 jul. 2022.
- ROSA, A. V. da; ORDÓÑEZ, J. C. Capítulo 13 – Biomass. In: ROSA, A. V. da; ORDÓÑEZ, J.C. *Fundamentals of Renewable Energy Processes (Fourth edition)*. Academic Press, p. 577-628, 2022.
- SALES FILHO, I. O. S. Avaliação da Toxicidade e Remoção de Matéria Orgânica de Efluente de Biodigestor de Resíduos Sólidos Orgânicos Tratado em Wetlands. 2014. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10545>>. Acesso em: 22 jul. 2022.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, E. P.; WEILAND, P.; BORJA, R. The effect of biogas sparging on cow manure characteristics and its subsequent anaerobic biodegradation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 83, p. 10-16, set. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096483051300125X>>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- SANTOS, T. M. B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F. M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal* v. 27, n. 3, p. 658-664, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/nB-NDndcBHpRyYFmL465rcPR/?lang=pt>>. Acesso em 05 mai. 2022.
- SILVA, F. M.; LUCAS JÚNIOR, J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 25, n. 3, p. 608-614, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/4mmvyn7dZJGGXbppc9zZZG/?lang=pt>>. Acesso em: 11 jul. 2022.

- SILVA, G. A.; MORAIS JR., J. A.; ROCHA, E. R. Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do Potencial Bioquímico do Meta-no aplicado a resíduos sólidos urbanos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 11–16, jan./mar. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/vHhYzvVNpsTXZkDgk4c7Hkn/?lang=pt>>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- SILVA, T. H. L.; SANTOS, L. A.; OLIVEIRA, C. R. M.; PORTO, T. S.; JUCÁ, J. F. T.; SANTOS, A. F. D. M. S. Determination of methane generation potential and evaluation of kinetic models in poultry wastes. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, n. 32, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818121000323#cebib0010>>. Acesso em 25 jul. 2022.
- SILVA, W. T. S.; NOVAES, A. P.; KUROKI, V.; MARTELLI, L. F. A.; MAGNONI JR., L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. *Química Nova*, v. 35, n. 1, p. 35-40, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/yKqrG7WxRkFqcb-t4PmVvbxG/?lang=pt>>. Acesso em 05 ago. 2022.
- SILVEIRA, O. Biodigestor. Solução energética para o campo. São Paulo: Secretaria de Ciência/Família Cristã, jul. 1981.
- STEIL, L. Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frango de corte e suínos. 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/88047#:~:text=Os%20resultados%20mostraram%20que%20os,de%20ST%20adicionados%2C%20respectivamente%20para>>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- TELES, I. B. Biodigestão anaeróbica de dejetos de suínos e aves associados ao uso de inoculantes. 2019. 59f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistema de Produção na Agropecuária), Unifenas. Disponível em: <<http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/handle/jspui/259>>. Acesso em 20 dez. 2022.
- TRIOLO, J. M.; SOMMER, S. V.; MOLLER, H. B.; WEISBJERG, M. R.; JIANG, X. Y. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: Influence of lignin concentration on methane production potential. *Bioresource Technology*, v. 102, n. 20, p. 9395–9402, 1 out. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852411009527>>. Acesso em 05 jul. 2022.
- UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA – UBA. Protocolo de Bem-Estar para Aves Poedeiras. Junho, 2008. Disponível em: <<https://www>>

avsite.com.br/legislacao/anexos/protocolo_de_bem_estar_para_aves_poedeiras.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

WEIRICH, C. S. Análise econômica de sistemas de geração de eletricidade no modo GD: motor gerador a biogás e painéis fotovoltaicos. 2021. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/5360>>. Acesso em 19 set. 2022.

XAVIER, C. A. N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 2, p. 212–223, mar./abr. 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/cYnDMSKWtmNQkfNZJQDR7Cy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 28 jul. 2022.

ZHANG, R.; EL-MASHAD, H. M.; HARTMAN, K.; WANG, F.; LIU, G.; CHATE, C.; GAMBLE, P. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. Bioresource Technology, v. 98, n. 4, p. 929-935, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852406000940>>. Acesso em 22 dez. 2022.

ANEXOS

Figura 1. Plantel das codornas em criação intensiva em gaiolas para a produção de ovos com sistema de tratamento de dejetos por lâmina d'água.

Figure 1. Plant of quails in intensive rearing in cages for the production of eggs with a water depth treatment system



Fonte: Os Autores (2022)

Figura 2. Biorreatores de bancada instalados nas dependências do Laboratório de Química do Instituto Federal Catarinense, Campus de Blumenau.

Figure 2. Bioreactors benches installed on the premises of the Chemical Laboratory of the Instituto Federal Santa Catarina, Blumenau Campus



Fonte: Os Autores (2022)

Figura 3. Reatores identificados e incubados na estufa com temperatura mesofílica durante os 45 dias de retenção.

Figure 3. Reactors identified and incubated in the oven at mesophilic temperature during the 45 days of retention.



Fonte: Os Autores (2022)

Figura 4. Seringa para coleta do gás e equipamento de cromatográfica

Figure 4 -Syringe for gas collection and chromatography equipment



Fonte: Os Autores (2022)