

CONTRIBUIÇÃO DE BIODIGESTORES PARA A AGRICULTURA FAMILIAR

ALINE CASTRO PRACIANO¹, DANIEL ALBIERO², ORLANDO DE MORAES POSSUELO³, LUCAS FERNANDO ARAÚJO DOS SANTOS⁴, LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO⁵

¹ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Bloco 804, CEP: 60450-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, alinecastro.praciano@gmail.com

² Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Bloco 804, CEP: 60450-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, daniel.albiero@gmail.com

³ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Bloco 804, CEP: 60450-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, orlandopossuelo@gmail.com

⁴ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Bloco 804, CEP: 60450-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, santos@alu.ufc.br

⁵ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Campus do PICI, Bloco 804, CEP: 60450-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, aiveca@ufc.br

RESUMO: O setor agrícola e pecuário é responsável por cerca de 58% do lixo do mundo, boa parte desse material é orgânico, acarretando em um âmbito com grande potencial para a produção de biogás, já que é gerado a partir da fermentação anaeróbica de matéria orgânica. O uso de biodigestores na agricultura pode trazer diversos benefícios ao ambiente, promovendo a redução da emissão dos gases do efeito estufa e do saneamento rural, evitando a contaminação do solo e de aquífero, além de estimular o manejo adequado dos dejetos dos animais de produção. O uso desse combustível no meio rural pode gerar fonte de renda e desenvolvimento para a agricultura familiar. O objetivo do trabalho foi avaliar a produção diária de biogás a partir de esterco bovino em um biodigestor tubular de PVC (Policloreto de Polivinila). O biogás gerado foi convertido em energia elétrica e térmica, através do uso de um motogerador de 1200 W e um fogão de duas chamas, respectivamente. Foram avaliados o consumo de uma motobomba, lâmpadas LED (Light Emitting Diode) e de um fogão de duas chamas. Também foi realizada a análise química de macronutrientes, pH e condutividade elétrica do biofertilizante gerado. Utilizou-se 75 kg de esterco bovino para gerar 2,836 m³ de biogás, após 20 dias de retenção hidráulica. O consumo de biogás para bombear 1 m³ de água com uma motobomba de 1/3 CV foi de 0,134 m³, para funcionar uma lâmpada LED de 24 W foi de 0,072 m³h⁻¹, um conjunto de duas lâmpadas LED de 12 W e 16 W foi de 0,089 m³h⁻¹ e um conjunto de três lâmpadas LED de 12 W, 16 W e 24 W foi de 0,112 m³h⁻¹ e para funcionar um fogão de duas chamas foi de 0,135 m³h⁻¹. O biofertilizante analisado possui concentrações de 0,60 gL⁻¹ de N, 0,05 gL⁻¹ de P, 0,11 gL⁻¹ de P₂O₅, 0,30 gL⁻¹ de K, 0,36 gL⁻¹ de K₂O, 0,09 gL⁻¹ de Ca, 0,26 gL⁻¹ de Mg, 44,12 mgL⁻¹ de Fe, 0,01 mgL⁻¹ de Cu, 1,78 mgL⁻¹ de Zn, 40,35 mgL⁻¹ de Mn, pH de 7,9 e Condutividade Elétrica de 3,97 dSm⁻¹. O uso do biogás no período analisado possibilitou o uso de motobomba, lâmpadas de LED e gás para fogão de forma alternativa, podendo gerar economia financeira para o agricultor familiar que aderir ao sistema.

Palavras-chaves: esterco bovino, biogás, energia renovável.

BIODIGESTORS CONTRIBUTION ON FAMILY FARMING AGRICULTURE

ABSTRACT: The agricultural and livestock sector is responsible for an average of 58% of the world waste, much of this material is organic and has great potential for biogas production, since biogas is generated from an aerobic fermentation of organic matter. The use of biodigesters in agriculture provide several benefits to the environment, promoting the reduction of green house gas emissions and rural sanitation, avoiding soil and aquifer contamination, stimulating the proper management of farm animal waste. The use of this fuel in rural areas can provide a source of income and development for family agriculture. Therefore, the objective of this research was to assess the daily production of biogas from cattle manure in a PVC (Polyvinyl Chloride) tubular biodigester. The produced biogas

Recebido em 03/05/2017 e aprovado para publicação em 17/01/2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n1p95-106>

was converted into electric and thermal energy through a 1200 W motor-generator and a two-flame stove, respectively. The consumption of biogas to operate a motor-pump, LED (Light Emitting Diode) lamps and a two-flame stove were evaluated. Chemical analysis of macronutrients, pH and electrical conductivity of the generated biofertilizer was also performed. 75 kg of cattle manure was used to generate 2.836 m³ of biogas, after 20 days of hydraulic retention. The consumption of biogas to pump 1 m³ of water with a motor-pump of 1/3 HP was 0.134 m³, to operate a 24 W LED lamp was 0.072 m³h⁻¹, a set of two LED lamps with 12 W and 16 W was 0.089 m³h⁻¹, a set of three LED lamps with 12 W, 16 W and 24 W was 0.112 m³h⁻¹ and to operate a two flame stove was 0.135 m³h⁻¹. The analyzed biofertilizer has concentrations of 0.60 gL⁻¹ of N, 0.05 gL⁻¹ of P, 0.11 gL⁻¹ of P₂O₅, 0.30 gL⁻¹ of K, 0.36 gL⁻¹ of K₂O, 0,09 gL⁻¹ Ca, 0.26 gL⁻¹ Mg, 44.12 mgL⁻¹ Fe, 0.01 mgL⁻¹ Cu, 1.78 mgL⁻¹ Zn, 40.35 mgL⁻¹ Mn, pH 7.9 and Electrical Conductivity 3.97 dSm⁻¹. The use of biogas in the analyzed period enabled the use of motor pumps, LED lamps and gas for stoves in an alternative way, which could generate financial savings for the family farmer who uses the system.

Keywords: cattle manure, biogas, renewable energy.

1 INTRODUÇÃO

Em tempos de crise energética, estudos de fontes alternativas de energia são imprescindíveis. O biogás é uma energia renovável gerada a partir da fermentação anaeróbica de matéria orgânica, que pode ser convertida em energia térmica e elétrica (BALDINELLI; BARELLI; BIDINI, 2017). Além de gerar energia, o biogás reduz a emissão de gases do efeito estufa e promove o saneamento rural, evitando a contaminação do solo e de aquíferos através do correto manejo dos dejetos dos animais de produção (AUBURGER; PETIG; BAHRS, 2017).

O biofertilizante é um subproduto da geração de biogás, após o processo de produção a mistura de água e esterco digerido possui elevada concentração de nutrientes, podendo ser utilizada como fertilizante para nutrição de solos.

Segundo o último censo agrícola, a agricultura familiar representa 75% do setor agrícola brasileiro (IBGE, 2006). Esse setor é carente de assistência técnica e de acesso a tecnologias que possam melhorar o desenvolvimento das atividades agrícolas e a qualidade de vida desses agricultores.

Nossa hipótese sugere que o uso de biodigestores para a geração de biogás a partir dos dejetos dos animais de produção possa melhorar significativamente a vida dos agricultores, através da geração de renda, desenvolvimento de novas atividades que agreguem maior valor à produção agrícola e

mitigação dos impactos ambientais gerados por essas atividades agrícolas.

Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar a produção diária de biogás a partir de esterco bovino em um biodigestor tubular de PVC. Foram avaliados o volume de biogás gerado e o consumo horário de equipamentos na conversão do biogás em energia elétrica e térmica. Para isso, utilizou-se um motorgerador de 1200 W e um fogão de duas chamas. Os equipamentos avaliados foram uma motobomba, lâmpadas LED e de um fogão de duas chamas. As características do biofertilizante foram determinadas através de uma análise química, que determinou as concentrações de macronutrientes, micronutrientes, pH e condutividade elétrica (CE).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici, na Estação Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola. Localizado nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'43.82" S e longitude 38°34'55.41" Grm, com altitude de 23 m e clima Aw, de acordo com a classificação de Köppen (1918). Esse estudo foi realizado durante o mês de novembro, que apresentou temperatura máxima de 33 °C e mínima de 22,8 °C, de acordo com as informações coletadas pela Unidade de Observação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará.

O biogás foi gerado em um biodigestor tubular (Figura 1) de sistema pré-fabricado em membrana de PVC de 1 mm, com capacidade para excretas de cinco vacas estabuladas. Com

dimensões de 1,40 m de diâmetro e 3 m de comprimento, totalizando uma área de 16,27 m² e 4,62 m³ de volume.

Figura 1. Biodigestor tubular



Considerando que a produção diária de excretas de uma vaca adulta varia de 10 a 15 kg (BAUNGRATZ *et al.*, 2013), utilizou-se 75 kg de excreta, visando avaliar a produção diária de biogás, considerando a alimentação do biodigestor com fluxo contínuo. Segundo as recomendações de Quadros (2009), para 1 kg de excretas bovinas, deve-se adicionar 1 L de água. Essa mistura foi agitada, buscando torná-la mais homogênea possível. O período de retenção hidráulica foi de 20 dias, considerando que o biodigestor operou com temperaturas que

variaram entre 42 °C e 44 °C (LEON; MARTÍN, 2016).

O volume de biogás gerado foi convertido em energia elétrica e energia térmica, para isso, foram utilizados um motogerador de 1200 W de potência e um fogão de duas chamas.

Para converter o biogás em energia elétrica utilizou-se um motogerador de 1200 W de potência, que funciona originalmente a gasolina e foi adaptado segundo as recomendações de Praciano e Albiero (2015), para funcionar a biogás (Figura 2).

Figura 2. Motogerador adaptado para biogás

Foi avaliado o consumo de biogás para bombear 1 m³ de água. A motobomba funcionou em regime de circuito fechado

(Figura 3), o volume de água bombeada foi aferido através de um hidrômetro.

Figura 3. Circuito de Funcionamento da motobomba.

O volume de biogás gerado foi aferido por um medidor de gás do tipo diafragma, com contador de oito dígitos, tomada de pressão frontal, pressão máxima de trabalho de 50 KPa, vazão máxima de 4,5 m³h⁻¹ e vazão mínima de 0,0025 m³h⁻¹.

Foi avaliado o consumo de biogás para gerar energia elétrica para o funcionamento de lâmpadas LED. Foi avaliado o consumo horário de biogás para funcionar uma lâmpada LED de 24 W, o conjunto de duas lâmpadas LED (12W e 16W) e o conjunto de três lâmpadas LED (12 W, 16 W e 24W), apresentados na Figura 4.

Figura 4. Lâmpadas LED

Para avaliar a conversão do biogás em energia térmica utilizou-se um fogão de duas chamas (Figura 5) e o consumo horário de

biogás foi aferido pelo medidor de volume de gás.

Figura 5. Fogão de Duas Chamas Funcionando a Biogás

As aferições foram realizadas em cinco repetições. Obteve-se como resultados os valores estatísticos de média, desvio padrão, valores de máximo e mínimo, que foram calculados com o suporte do software Excel e apresentados em Tabelas.

O biofertilizante líquido foi analisado no laboratório da FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, pertencente ao departamento de Ciências do Solo, na Universidade Federal do Ceará. Na análise química do biofertilizante foram determinadas as concentrações de macronutrientes e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Cu, Zn, Mn), pH e a condutividade elétrica. Para a análise foi coletado uma amostra homogênea de 1 L de biofertilizante líquido após o período de 25 dias de fermentação anaeróbica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a biomassa passar por 20 dias de retenção hidráulica obteve-se um volume de 2,836 m³ de biogás, esse volume é referente a produção diária de biogás, ou seja, ao final de um mês é possível produzir 85 m³ de biogás. Esse volume foi aferido por um gasômetro e consumido por equipamentos que permitiram converter o biogás em energia elétrica e térmica.

A relação de produtividade de m³ de biogás por kg de esterco bovino foi de 0,038 m³kg⁻¹, segundo Baungratz *et al.* (2013), a relação média de produtividade para esse tipo de biomassa é de 0,049 m³kg⁻¹. Nossos resultados apresentam reduções de 25% em relação a referência citada, atribuída a vários

fatores que podem afetar a produção de biogás, tais como: quantidade de matéria seca, concentração de nutrientes, pH, temperatura, tempo de retenção hidráulica, concentração de sólidos voláteis, relação C/N (Carbono/Nitrogênio) e substâncias tóxicas (JOÃO FILHO, 1981).

O único fator que apresentou valores divergentes aos encontrados na literatura foi o pH. O esterco bovino fresco utilizado para gerar biogás apresentou um valor de pH de 5,4. Zhain *et al.* (2015) afirma que o valor ótimo do pH de esterco para a produção de biogás é de 7,5. McMahon *et al.* (2004), reporta que a fase inicial da digestão anaeróbica é o momento mais crítico para o bom funcionamento de um biodigestor anaeróbico, pois durante a fase inicial da produção de biogás ocorrem diversas mudanças drásticas no ambiente da biomassa que pode inibir a metanogênese. Diante dessa afirmação, o valor de pH encontrado para o esterco utilizado neste estudo, está a baixo do valor ótimo, porém encontra-se dentro do intervalo de 4 a 9, que são os valores de pH aceitáveis, valores de pH abaixo de 4 e superiores a 9 podem inibir totalmente a produção de biogás (ZHAIN *et al.*, 2015).

Ohimain e Izah (2017) afirmam que o pH neutro favorece a taxa de metanogênese durante a produção de biogás, pois a maioria das bactérias anaeróbicas, principalmente as metanogênicas, aumentam a produção de biogás em uma faixa de pH de 6,5. Valores de pH inferior a 6,5 e superior a 7,6 podem influenciar a produção de biogás e a concentração de metano (OHIMAIN; IZAH, 2017).

A Tabela 1 apresenta os resultados da avaliação de consumo de biogás para o bombear de 1m³ de água com a motobomba de

1/3 CV. A tabela apresenta a média do consumo, entre parênteses o desvio padrão e abaixo os valores de máximo e mínimo.

Tabela 1. Consumo de Biogás da Motobomba

	Consumo de Biogás (m ³)
Motobomba 1/3 CV	0,134 (3,19) 0,130 - 0,138

A motobomba pode ser utilizada em algumas atividades de um estabelecimento agrícola, tais como, o bombeamento de água de reservatórios para o abastecimento de água para consumo humano, animal ou para o uso na irrigação. O uso da irrigação no semiárido nordestino é imprescindível para obter uma colheita economicamente viável, considerando que as chuvas são escassas e distribuídas de forma irregular. Avaliando que a produção diária de biogás foi de 2,836 m³, é possível bombear 634 m³ de água por mês, a partir das excretas de apenas cinco vacas. O uso de biogás para atender a demanda energética dessa

atividade pode representar uma significativa economia na despesa de energia elétrica do estabelecimento rural, representando redução do custo de produção e consequentemente melhorando o lucro final.

Com uma produção diária de 2,836 m³, pode-se afirmar que é possível gerar energia para funcionar uma lâmpada LED de 24 W por 1.180 h (49 dias), ou 955 h (40 dias) de funcionamento de duas lâmpadas (12 W e 16 W) ou 759 h (32 dias) de funcionamento de três lâmpadas (12 W, 16 W e 24 W). Na Tabela 2 estão apresentados os valores de consumo horário de biogás das lâmpadas.

Tabela 2. Consumo de Biogás de Lâmpadas LED

	Consumo de Biogás (m ³ h ⁻¹)
1 (uma) Lâmpada de 24 W	0,072 (0,01) 0,071 – 0,073
Conjunto de 2 (duas) Lâmpadas (12 W + 16 W)	0,089 (0,022) 0,087 – 0,093
Conjunto de 3 (três) Lâmpadas (12 W + 16 W + 24 W)	0,112 (0,001) 0,111 – 0,115

A iluminação artificial, a partir de lâmpadas é utilizada em diversos setores dos estabelecimentos rurais, tais como iluminação de galpões, depósitos, fábricas de ração, residências e na ambiência de animais. Podemos destacar o uso de energia elétrica para iluminação do setor avícola. Segundo a Avicultura Industrial (2016), a energia elétrica é o segundo maior custo das indústrias avícolas, atrás apenas dos insumos. Segundo Carneiro *et al.* (2004), o custo de gás representa 50% dos custos variáveis e 5% dos custos com energia elétrica, ou seja, 55% dos custos variáveis do setor são dispensados em produtos que podem ser obtidos a partir da digestão anaeróbica da matéria orgânica do setor, tais como, a cama de frango e os resíduos dos abatedouros.

O uso de iluminação artificial é uma poderosa ferramenta no manejo de aves reprodutoras e de postura, pois o início da postura pode ser antecipado ou retardado, a qualidade da casca pode ser melhorada, o tamanho do ovo pode ser otimizado e a eficiência alimentar pode ser maximizada em função do regime luminoso (FREITAS *et al.*, 2005). A energia elétrica gerada a partir do uso de biogás, também pode ser utilizada de outras formas nesse setor, de acordo com Bueno e Rossi (2004), quanto maior o estresse calórico das aves, maior é o consumo com energia, pois os equipamentos como ventiladores, nebulizadores e exaustores passam a funcionar com maior frequência, aumentando o consumo de energia elétrica.

Para converter o biogás em energia térmica utilizou-se um fogão de duas chamas, a

Tabela 3 apresenta os valores referentes ao consumo horário de biogás do fogão.

Tabela 3. Consumo de Biogás de Um Fogão de Duas Chamas.

	Consumo de Biogás (m ³ h ⁻¹)
Fogão de Duas Chamas	0,135 (2,302) 0,133 - 0,139

Com uma produção mensal de 85 m³, é possível manter o funcionamento do fogão com as duas chamas acesas por 629 h. Na agricultura familiar ainda é muito comum o uso de lenha para a cocção dos alimentos, a árdua atividade de coletar e transportar a lenha até as residências, geralmente, é uma tarefa realizada por mulheres. O uso de biogás em substituição a lenha reduz a pressão de desmatamento do bioma nativo e melhora a qualidade de vida das mulheres do campo.

Cerca de 181.000 km² do Nordeste brasileiro passa por processo de desertificação, essa área corresponde a 20% da região semiárida brasileira, esse processo deve-se a diversos fatores, entre eles, a variação climática e as atividades humanas (CAETANO *et al.*, 2017). Essas áreas são caracterizadas por possuir solos rasos e a cobertura vegetal esparsa da caatinga, bioma predominante do Nordeste, além dessas fragilidades naturais esse processo de desertificação se desenvolveram devido a interferência humana que realiza desmatamentos indiscriminado, queimadas, sobrepastejo de caprinos e ovinos (CAETANO *et al.*, 2017).

Diante desse cenário, o uso de biogás se mostra com uma alternativa de convivência com o semiárido, reduzindo a pressão de desmatamento do bioma caatinga, mitigando o processo de desertificação dessas áreas.

O biogás pode substituir o uso do gás de cozinha (GLP - Gás Liquefeito de Petróleo), que é um combustível de origens fósseis e possui elevado custo, principalmente para o agricultor familiar. Essa substituição, reduz custos e contribui para a renda dessas famílias, além de ser uma alternativa sustentável, por se tratar de uma fonte de energia limpa e renovável. A maior disponibilidade de gás, permite que as agricultoras agreguem maior valor aos produtos agrícolas, tais como, doces,

pães e bolos. Gerando novas fontes de renda e empoderando essas mulheres.

O uso biogás também pode ser aplicado nas atividades da pecuária, proporcionando conforto térmico através do aquecimento térmico de aves e suínos. Os pintos não possuem o sistema termorregulador bem desenvolvido, a temperatura ambiente deve se manter em torno de 35, 32, 29, 26 e 23 °C, nas primeira, segunda, terceira, quarta e quinta semanas, tornando necessário manter o conforto térmico dessas aves através do aquecimento, principalmente em regiões mais frias (ABREU *et al.*, 2000).

Caso os pintos de um dia sejam expostos a curtos períodos de baixa temperatura, pode provocar efeitos negativos a longo prazo no desenvolvimento das aves, no crescimento, conversão alimentar e aumentando a susceptibilidade a doenças (FUNCK; FONSECA, 2008). O processo de queima de combustíveis para o aquecimento das aves pode gerar gases poluentes e nocivos as aves, aos trabalhadores e ao ambiente (CORDEIRO *et al.*, 2010), o que torna do uso de biogás uma melhor alternativa para esse setor.

O biogás é uma alternativa viável de combustível para gerar aquecimento térmico para aves através de campânulas a gás, por exemplo. Nesse setor o biogás pode ser gerado a partir da cama de frango, nessa modalidade os biodigestores funcionam sob regime de alimentação a batelada, ou seja, recebem a carga de biomassa de uma só vez por ciclo produtivo de biogás.

Ao nascer os leitões não possuem o sistema termorregulador desenvolvido, estes necessitam que a temperatura ambiental esteja entre 30 °C e 32 °C ao nascimento, 27 °C a 28 °C na 1ª semana, 25 °C a 26 °C na segunda semana, 22 °C a 24 °C na 3ª semana e 21 °C a 22 °C na 4ª semana (ABREU; ABREU, 2010).

Porém o conforto térmico da matriz durante a fase de amamentação é de 12 °C a 15 °C, diante dessa divergência de necessidade térmica, se faz necessário o uso de dois ambientes um para a matriz e outro para a leitegada, o ambiente que abriga os leitões é denominado de escamoteadores e podem ser aquecidos por lâmpadas incandescentes, resistências elétricas e aquecedores a gás (ABREU; ABREU, 2010). Para melhorar o conforto térmico da matriz pode-se utilizar lâminas d'água na baia ou ventiladores (MOREIRA *et al.*, 2003).

A geração de biogás a partir dos dejetos de suínos além de atender total ou parcialmente a demanda energética do setor também promove o saneamento rural, visto que o os dejetos da suinocultura possuem elevado potencial poluidor, prejudicando a qualidade os aquíferos e solos. O uso de biodigestores é uma

alternativa viável para o correto manejo dos dejetos suínos e dessa forma atendendo as exigências de leis ambientais municipais, estaduais e/ou federais e reduzindo os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto dos dejetos.

O biofertilizante é um subproduto do processo de geração de biogás, a água e os dejetos utilizados para a produção do bicomustível após serem digeridos ainda possuem consideráveis concentrações de nutrientes, que podem ser aproveitados para nutrição de solos em substituição aos fertilizantes minerais. O biofertilizante passou por uma análise química para aferir as concentrações de macronutrientes, pH e condutividade elétrica, os resultados dessa análise então apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização Química do Biofertilizante.

Biofertilizante	(gL ⁻¹)			
	N	P	P ₂ O ₅	K
	0,60	0,05	0,11	0,30
Biofertilizante	(mgL ⁻¹)			
	K ₂ O	Ca	Mg	
	0,36	0,09	0,26	
Biofertilizante	(mgL ⁻¹)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
	44,12	0,01	1,78	40,35
Biofertilizante	pH		CE	
	7,9		3,97	

Durante o processo de fermentação da matéria orgânica, o valor de pH decresce nas primeiras horas, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das bactérias, responsáveis pela fermentação. Com a evolução da fermentação o valor de pH aumenta gradativamente, alcançando valores entre 7 e 8 (MARROCOS, 2011). Esses valores não interferem na microbiota do solo e nem a fisiologia das plantas, ou seja, a aplicação do biofertilizante não causará injúrias as plantas.

Nunes *et al.* (2012), avaliou a ação do uso do biofertilizante bovino para atenuar os efeitos da salinidade da irrigação, e afirma que o biofertilizante bovino inibiu os efeitos depressivos da salinidade da água em mudas de nin, o biofertilizante utilizado na pesquisa apresentava concentrações de 3,11 dSm⁻¹. Medeiros *et al.* (2011), avaliou o uso de

biofertilizante bovino com águas de irrigação salina em tomateiros, e afirma que o nível de salinidade do solo foi menor nos tratamentos que receberam biofertilizante bovino, o biofertilizante estudado pelos autores apresentava uma condutividade elétrica de 3,41 dSm⁻¹.

O biofertilizante gerado apresentou uma elevada concentração de N. Marrocos (2011) encontrou uma concentração de 0,12 gL⁻¹, já Araújo *et al.* (2007) encontrou uma concentração de 0,79 gL⁻¹, essa variação de concentração está intimamente relacionada a composição química do esterco bovino, que é bastante variável, pois é influenciada por diversos fatores, tais como raça, idade, alimentação e o material utilizado como cama (SANTOS; NOGUEIRA 2012).

Os valores de concentração de Fósforo corroboram com os valores encontrados por Marrocos (2011), que encontrou uma concentração de $0,04 \text{ gL}^{-1}$, para retenção hidráulica de 25 dias, porém o autor mostra em sua pesquisa que essas concentrações decrescem com o aumento dos dias de retenção hidráulica.

Silva *et al.* (2012) e Araújo *et al.* (2007), encontraram concentrações de $0,36$ e $0,27 \text{ gL}^{-1}$ de potássio, respectivamente, valores semelhantes ao apresentado na Tabela 4. Já Marrocos (2011), encontrou concentrações de $0,81 \text{ gL}^{-1}$ avaliando biofertilizante com 25 dias de retenção hidráulica, e $0,36 \text{ gL}^{-1}$ com 10 dias de retenção hidráulica, os valores apresentados por esse autor demonstram que as concentrações de potássio aumentam com o passar dos dias, porém quando atingem os 20 dias de retenção hidráulica atingem um pico de $1,12 \text{ gL}^{-1}$ e começa a decrescer atingindo concentrações de $0,68 \text{ gL}^{-1}$.

O uso de biofertilizantes é uma ação sustentável, pois segundo Santos e Nogueira (2012), a substituição de fertilizantes minerais por biofertilizante pode reduzir em 79% as emissões de gases do efeito estufa nessa atividade agrícola. O uso de biofertilizantes ainda reduz a exportação de nutrientes gerada no processo produtivo das plantas forrageiras, por exemplo.

Segundo Medeiros e Lopes (2006), os biofertilizantes possuem compostos bioativos, resultantes da biodigestão de compostos orgânicos, neles são encontradas células vivas ou latentes de microrganismos, tais como bactérias, leveduras, algas e fungos, além de metabólitos e quelatos organominerais. Essa composição torna o biofertilizante eficaz no controle de pragas e doenças de plantas, através de efeitos fungistáticos, bacteriostáticos e repelente sobre insetos como pulgões e moscas-frutas (MEDEIROS; LOPES, 2006).

Diante dos resultados apresentados é possível afirmar que o uso de biodigestores pode contribuir de diversas formas com o setor agrícola. Tendo em vista que nesse setor a matéria prima principal é a matéria orgânica, seja ela vegetal ou animal. O uso de

biodigestores torna algo que poderia se tornar um problema, em solução, como é o caso dos dejetos e efluentes da suinocultura, gerando renda e desenvolvimento a partir de um material rejeitado e sem valor comercial. A digestão anaeróbica desses materiais promove saneamento rural, evitando a contaminação de solos e aquíferos, redução da proliferação de insetos, que causam doenças nos animais, como é o caso das moscas que causam a miíase.

A energia do biogás pode ser convertida em energia elétrica ou térmica, gerando economia, renda e sustentabilidade, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa e reduzindo a pressão do desmatamento de biomas. O uso de biofertilizantes em substituição aos fertilizantes de origens fósseis e redução do uso de produtos fitossanitários, tornam essa atividade mais sustentável, além de reduzir custos com esses insumos.

4 CONCLUSÕES

1. Foram utilizados 75 kg de esterco bovino para gerar biogás, após 20 dias de retenção hidráulica obteve-se $2,836 \text{ m}^3$ de biogás.

2. O consumo de biogás de para bombear 1 m^3 de água com uma motobomba de $1/3 \text{ CV}$ foi de $0,134 \text{ m}^3$.

3. O consumo horário de biogás para funcionar 1 (uma) lâmpada LED de 24 W é de $0,072 \text{ m}^3$, o de um conjunto de 2 (duas) lâmpadas LED de 12 W e 16 W é de $0,089 \text{ m}^3$ e o de um conjunto de três lâmpadas LED de 12 W , 16 W e 24 W foi de $0,112 \text{ m}^3$. O consumo horário de biogás para funcionar um fogão de duas chamas foi de $0,135 \text{ m}^3$.

4. O biofertilizante analisado possuiu concentrações de $0,60 \text{ gL}^{-1}$ de N, $0,05 \text{ gL}^{-1}$ de P, $0,11 \text{ gL}^{-1}$ de P_2O_2 , $0,30 \text{ gL}^{-1}$ de K, $0,36 \text{ gL}^{-1}$ de K_2O , $0,09 \text{ gL}^{-1}$ de Ca, $0,26 \text{ gL}^{-1}$ de Mg, $44,12 \text{ mgL}^{-1}$ de Fe, $0,01 \text{ mgL}^{-1}$ de Cu, $1,78 \text{ mgL}^{-1}$ de Zn, $40,35 \text{ mgL}^{-1}$ de Mn, pH de 7,9 e Condutividade Elétrica de $3,97 \text{ dSm}^{-1}$.

5. Economia financeira do agricultor familiar no consumo de energia elétrica em diversas atividades. E mitigação de impactos ambientais.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, P.G.; ABREU, V. M. N. Aplicação do Diagrama de Avaliação de Energia como Procedimento de Dimensionamento de Escamoteadores Elétricos de Suínos. **Revista Científica de Produção Animal**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 121-124, 31 dez. 2010. Revista Científica de Produção Animal. <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v12n2p121-124>.
- ABREU, P. G.; BAETA, F. C.; ABREU, V. M. N.; SOARES, P. R; PERDOMO, C. C.; SILVA, M. A. Desempenho produtivo e bioeconômico de frangos de corte criados em diferentes sistemas de aquecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 159-167, fev. 2000. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982000000100022>.
- ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; BRITO, N. M.; NEVES, C. M. L.; SILVA, E. E. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 466–470, 2007.
- AUBURGER, S; PETIG, E.; BAHRS, E. Assessment of grassland as biogas feedstock in terms of production costs and greenhouse gas emissions in exemplary federal states of Germany. **Biomass And Bioenergy**, [s.l.], v. 101, p. 44-52, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.03.008>.
- AVICULTURA INDUSTRIAL. **Energia elétrica pesa no bolso do setor avícola. Cidade: Avicultura Industrial**, 2016. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/energia-eletrica-pesa-no-bolso-do-setor-avicola/20130509-082212-g512>. Acesso em: 22 de abr. 2017.
- BALDINELLI, A.; BARELLI, L.; BIDINI, G. Upgrading versus reforming: an energy and exergy analysis of two solid oxide fuel cell-based systems for a convenient biogas-to-electricity conversion.: an energy and exergy analysis of two Solid Oxide Fuel Cell-based systems for a convenient biogas-to-electricity conversion. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 138, p. 360-374, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2017.02.002>.
- BAUNGRATZ, Karina Lais; OLIVEIRA, Jamilson Bispo de; SLONGO, Naudiele; FRIGO, Elisandro Pires; ZANON, Emanuelle. Produção de biogás a partir de biomassa residual. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 3, p. 30-39, 2013. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/8568>. Acesso em: 27 maio 2020.
- BUENO, L. G. F.; ROSSI, L. A. Análise de dois sistemas tecnológicos de produção de frango de corte com ênfase no uso racional de energia elétrica e produtividade animal. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, v. 5, 2004, Campinas. **Proceedings online...** Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022004000100012&lng=en&nrm=abn>. Access on: 28 May. 2020.
- CAETANO, F. A. O.; GONÇALVES, D. S. L.; FEITOSA, M. M.; TEIXEIRA, R. N.; LEMOS, J. J. S. Desertificação no Nordeste brasileiro: uma análise das vulnerabilidades socioeconômicas do município de irauçuba/ce.: uma análise das vulnerabilidades socioeconômicas do município de Irauçuba/CE. **Espacios**, [s.l.], v. 38, n. 39, p. 14-22, 10 abr. 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n39/a17v38n39p14.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

CARNEIRO, S. L.; ULBRICH, A. C.; FALKOWSKI, T.; CARVALHO, A.; SOARES JÚNIOR, D.; LLANILLO, R. F. **FRANGO DE CORTE**: integração produtor/ indústria. Integração Produtor/ Indústria. [s.l.], Iapar: 2004. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/redereferencia/pp_modnortefrango.pdf. Acesso em: 26 maio 2020.

CORDEIRO, M. B.; TINÔCO, I. F. F.; SILVA, J. N.; VIGODERIS, R. B.; PINTO, F. A. C.; CECON, P. R. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 217-224, jan. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000100029>.

FREITAS, H. J.; COTTA, J. T. B.; OLIVEIRA, A. I. G.; GEWHER, C. E. Avaliação de programas de iluminação sobre o desempenho zootécnico de poedeiras leves. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 424-428, 2005.

FUNCK, S. R.; FONSECA, R. A. Avaliação energética e de desempenho de frangos com aquecimento automático a gás e a lenha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 91-97, fev. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662008000100014>.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JOÃO FILHO, A. C. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense**. Corumbá: EMBRAPA, 1981. (Circular técnica, 9).

KOPPEN, W. Klassifikation der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

LEÓN, Erick; MARTÍN, Mariano. Optimal production of power in a combined cycle from manure based biogas. **Energy Conversion And Management**, [s.l.], v. 114, p. 89-99, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.002>.

MARROCOS, S. T. P. **Composição de biofertilizante e sua utilização via fertirrigação em meloeiro**. 2011. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2011.

MCMAHON, K. D.; ZHENG, D.; STAMS, A. J.M.; MACKIE, R. I.; RASKIN, L. Microbial population dynamics during start-up and overload conditions of anaerobic digesters treating municipal solid waste and sewage sludge. **Biotechnology And Bioengineering**, [s.l.], v. 87, n. 7, p. 823-834, 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/bit.20192>.

MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. página inicial-final, 2006.

MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, F. L.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUSA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; LIMA NETO, A. J.; REBEQUI, A. M.; DINIZ, B. L. M. T.; GHEYI, H. R. Comportamento de mudas de nim à salinidade da água em solo não salino com

biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 11, p. 1152-1158, nov. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012001100002>.

OHIMAIN, E. I.; IZAH, S. C. A review of biogas production from palm oil mill effluents using different configurations of bioreactors. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 70, p. 242-253, abr. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.221>.

OREIRA, Ivan; PAIANO, Diovani; OLIVEIRA, Gisele Cristina de; GONÇALVES, Giovanni Sampaio; NEVES, Carolina Antunes; BARBOSA, Orlando Rus. Desempenho e Características de carcaça de suínos (33 - 84 kg) criados em baias de piso compacto ou com lâmina d'água. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 32, n. 1, p. 132-139, fev. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982003000100017>.

PRACIANO, A. C.; ALBIERO, D. **Cartilha para construção de adaptador gasolina/biogás**. Fortaleza: [s.n.], 2015.

QUADROS, Danilo Gusmão de. **Biodigestor na agricultura familiar do semiárido**. Salvador: Eduneb, 2009. 96 p.

SANTOS, I. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 41-49, 2012.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, A. N. P.; ARAUJO, M. A. M. Rendimento do inhame adubado com esterco bovino e biofertilizante no solo e na folha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 253-257, 2012.

ZHAI, N.; ZHANG, T.; YIN, D.; YANG, G.; WANG, X.; REN, G.; FENG, Y. Effect of initial pH on anaerobic co-digestion of kitchen waste and cow manure. **Waste Management**, [s.l.], v. 38, p. 126-131, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.027>.