

ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNO

MAX CESÁR ARAÚJO¹, RAFAELA PAULA MELO², ROSALINY DE CASTRO LOURENCIO³

¹ Engenheiro Agrícola, Prof. Associado, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB/Redenção-CE, (85) 33321564, max@unilab.edu.br

² Engenheira Agrônoma, Prof. Substituta, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB/Redenção - CE, (85) 9.9648-2085, rafaelapaula@unilab.edu.br

³ Engenheira Agrônoma, UNILAB/Redenção-CE, (85) 9.98251250, rosalinny2009@hotmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A produção de suínos tem papel de destaque no Brasil, no entanto a capacidade poluente dos dejetos providos dessa atividade quando descartados de forma inadequada traz impactos negativos para o ambiente e para sociedade. Desta forma o uso dos dejetos de suínos para a produção de biogás pode ser uma solução viável para a produção de energia elétrica possibilitando vários benefícios. Portanto, o objetivo do trabalho foi estimar a produção de biogás e biofertilizante para a implantação de um biodigestor em uma propriedade de criação de suínos localizada no município de Redenção-CE. Foi estimado a produção de águas residuária, a produção de biogás, de biofertilizante e energia elétrica. Constatou-se que a produção de biogás foi de $0,460 \text{ m}^3 \cdot \text{biogás} \cdot \text{m}^{-3}$ da câmara de digestão. dia^{-1} na temperatura de 28°C que é a temperatura que representa a média anual da região de Redenção. A produção de energia elétrica foi de $382.527,60 \text{ kWh}$ de energia elétrica. dia^{-1} , o que demonstra que a propriedade apresenta excelente potencial para produção de energia de fonte renovável, o que contribuiria de forma significativa para um incremento na fonte de renda e estabilidade social dos agricultores familiares.

PALAVRAS-CHAVE: Biodigestor, Energia Renovável, Suinocultura.

ESTIMATION OF THE GENERATION OF ELECTRIC POWER FROM SWINE MANURE

ABSTRACT: The production of pigs plays a prominent role in Brazil, however, the pollutant capacity of the wastes provided by this activity when discarded in an inadequate manner brings negative impacts to the environment and to society. In this way the use of swine manure for the production of biogas can be a viable solution for the production of electric power, allowing several benefits. Therefore, the objective of this work was to estimate the biogas and biofertilizer production for the implantation of a biodigester in a pig farms located in the municipality of Redenção-CE. It was estimated the production of wastewater, the production of biogas, biofertilizer and electric energy. It was verified that the biogas production was $0.460 \text{ m}^3 \cdot \text{biogás} \cdot \text{m}^{-3}$ of the digestion chamber. day^{-1} at the temperature of 28°C which is the temperature that represents the annual average of the region of Redenção. The production of electric energy was $382,527.60 \text{ kWh}$ of electricity. day^{-1} , which shows that the property presents excellent potential for the production of energy from renewable sources, which would contribute significantly to an increase in the source of income and social stability of family farmers.

KEYWORDS: Biodigester, Renewable Energy, Creation in Swine

INTRODUÇÃO: A suinocultura no Brasil é predominantemente localizada em pequenas propriedades rurais, estipula-se que cerca de 81,7% dos suínos estão em unidades de até 100 hectares. A atividade é encontrada em 46,5% das 5,8 milhões de propriedades do país, empregando mão de obra familiar e constitui uma importante fonte de renda e estabilidade social (ABIPECS, 2009). O biogás é uma fonte de energia renovável, gerado a partir da fermentação anaeróbica da matéria orgânica, podendo ser de origem animal ou vegetal, o mesmo pode ser utilizado para a produção de energia elétrica, térmica e mecânica (ROYA et al., 2011). Segundo EMBRAPA (2002) a produção de biogás proveniente de dejetos suíno é de aproximadamente 0,240 (m³/cabeça/dia). O crescimento da implantação de sistemas de geração de energia elétrica no meio rural, principalmente com resíduos da suinocultura e bovinocultura, tem sido contínuo no Brasil (SOUZA, 2016). Portanto, a geração de energia a partir do biogás possibilita vários benefícios ambientais e sociais para os agricultores familiares. Diante do exposto, buscou-se estimar a produção de biofertilizante e biogás para produção de energia elétrica de um biodigestor em uma propriedade de criação de suínos localizada no município de Redenção-CE.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi desenvolvido em uma propriedade suinícola, localizada no município de Redenção, no estado do Ceará, situada na latitude 95°23'549" Sul e longitude 53°20'80" Leste. A área escolhida foi a Unidade Produtora de Leitões (UPL), esta unidade compreende ao processo reprodutivo, sendo a reprodução, nascimento dos leitões e o crescimento (até que saíam da creche). No segundo semestre de 2017, o plantel da unidade (UPL) abrigava 679 matrizes. Além disso, haviam 1788 leitões em creche, 6 reprodutores, 1006 leitões em maternidade, totalizando 3.479 na unidade. A água utilizada na propriedade advém de um açude da propriedade, a mesma é tratada e armazenada em caixas d'água. Toda água residuária gerada nos galpões segue até uma esterqueira e não existe um sistema de tratamento para os resíduos gerados. Os comedouros são do tipo cocho, automático e semiautomático. Os suínos consomem aproximadamente 25 toneladas de alimentos semanalmente.

O estudo desenvolvido por Perdomo, Oliveira e Kunz (2003) foi utilizada para estimar o volume de águas residuárias gerado pela unidade produtora de leitões (UPL), este volume foi quantificado por meio da Equação 1.

$$Vt = V_{UPL} * Nm \quad (1)$$

em que,

Vt - Volume total de águas residuárias (L/dia);

VUPL - Volume de águas residuárias gerado por UPL (L/matriz.dia), e

Nm - Número de matrizes (matriz).

Para a obtenção da concentração de sólidos, uma alíquota de efluente suíno bruto foi coletada diretamente da esterqueira da propriedade com o intuito de realizar ensaios de sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos, em triplicata, adotando a metodologia descrita por EATON, et al., (2007). A alíquota foi levada às dependências do Laboratório de Efluentes e Qualidade de água do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, na Universidade Federal do Ceará, para realização dos ensaios.

A quantidade de biofertilizante gerado após o processo de biodigestão foi estimada conforme as recomendações de KOZEN (1983), este considerou que a cada doze matrizes, produzem diariamente 1000 Kg de biofertilizante. Levou-se em consideração o valor cobrado por produtores na região próxima de Redenção que é de R\$0,10 por kg.

Para determinação da produção de gás metano por meio da digestão anaeróbia de águas residuárias, foram empregadas modelagens matemáticas que expressam a cinética desta bioconversão, estas desenvolvidas por Hashimoto (1979), e sendo citadas por outros pesquisadores, dentre estes, Pulsen (2003) e Lima (2011). A taxa de produção de metano foi calculada por meio da Equação 2. Considerou-se B0 igual a 0,45, para o tempo de retenção hidráulica(θ) foi utilizado 20 e 30 dias.

$$Y_v = (B_0 * S_0) / \theta * (1 - k / (\theta * \mu_m - 1 + k)) \quad (2)$$

em que,

Y_v - Taxa de produção de metano (m^3 de $CH_4.m^3$ reator $^{-1}dia^{-1}$);

B_0 - Taxa máxima de produção de metano (m^3 de $CH_4.kg$ de SV^{-1});

S_0 - Concentração de SV do efluente ($kg.m^{-3}$);

θ - Tempo de retenção hidráulica (dias);

k - Coeficiente cinético ou fator de inibição microbiológico (adimensional), e

μ_m - Taxa de crescimento máximo específico dos microrganismos (dia^{-1}).

A estimativa de biogás foi obtida pela Equação (3). Considerou-se que 65% da composição do biogás corresponde ao gás metano (NISHIMURA, 2009).

$$PB = \gamma v * 0,65 \quad (3)$$

em que,

PB - Produção de biogás (m^3 biogás. m^{-3} da câmara de digestão. dia^{-1}), e

Y_v - Taxa de produção de metano (m^3 de $CH_4.m^3$ reator $^{-1}dia^{-1}$).

De acordo com o volume de biogás produzido, a quantidade de energia elétrica gerada foi estimada pela Equação (4), adaptada de Sganzerla (1983), uma vez que o fornecedor do motor-generador afirma que um sistema de conversão de biogás em energia elétrica de 60 kVA (quilovolt-ampere), com cerca de 23% de eficiência de conversão, gera 1,45 kWh de energia elétrica por m^3 de biogás.

$$PE = 1,428 * PB \quad (4)$$

em que,

PE - Potência elétrica (KWh. dia^{-1});

PB - Produção de biogás (m^3 biogás. m^{-3} da câmara de digestão. dia^{-1}), e

1,428 - Coeficiente de conversão (1 m^3 de biogás gera 1,428 KWh de energia elétrica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na Tabela 1 observa-se o volume diário, mensal e anual de águas residuária geradas na propriedade, considerando-se a biomassa residual gerada na propriedade, a água utilizada para a higienização dos galpões e a água perdida nos bebedouros.

TABELA 1. Contribuição diária, mensal e anual de diferentes fontes formadoras de águas residuárias suinícolas na propriedade.

Contribuição	Biomassa residual	Higienização	Perda nos bebedouros	Total
V.Diário ($m^3.dia^{-1}$)	12.901,00	10.864,00	5.364,10	29.129,10
V.Mensal ($m^3.mês^{-1}$)	387.030,00	325.920,00	160.923,00	873.873,00
V. Anual ($m^3.ano^{-1}$)	4.708.865,00	3.965.360,00	1.957.896,50	10.632.121,50

A propriedade apresentou estimativa de volume diário de dejetos de aproximadamente 29.129,10 (m³.dia⁻¹), isso equivale a 42,90 L/matriz.dia. Diesel (2002) discorre que a geração de biomassa residual é proporcional ao incremento ponderal e ao peso do animal. Trevisan (2009) relata que o lançamento indevido das águas residuárias da suinocultura em rios e mananciais ocasiona sérios problemas sanitários e ambientais, como a ocorrência de verminoses e alergias; e ambientais, como a morte de peixes e animais, toxicidade em plantas e eutrofização dos recursos de água, além da proliferação de insetos e ocorrência de odores.

Os sólidos totais em águas residuárias podem ser definidos como a matéria sólida que permanece como resíduo após a evaporação a 105 ° C. Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica, enquanto os sólidos fixos representam a matéria inorgânica (VON SPERLING, 2005). As concentrações médias das triplicatas obtidas no ensaio de sólidos para sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos estão apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Concentrações médias das triplicatas obtidas no ensaio de sólidos.

Parâmetros	Valor (mg. L ⁻¹)	Valor (kg. L ⁻¹)	Porcentagem (%)
Sólidos totais	31.453,3	31,4533	100
Sólidos Voláteis	18.966,7	18,9667	60
Sólidos Fixos	12.486,7	12,4867	40

Comumente, o resíduo suinícola apresenta mais de 70% de sólidos voláteis e, por isso, possui um bom potencial energético em termos de produção de biogás, visto que na ausência de oxigênio livre, os micro-organismos anaeróbicos degradam a fração orgânica, convertendo-a em recurso energético (DIESEL, MIRANDA E PERDOMO, 2002).

A concentração média de sólidos voláteis obtida nos ensaios corresponde a 60% da concentração de sólidos totais, ou seja, a porcentagem é inferior àquela proposta pela literatura de 70%. Oliveira et al. (2000), relata que os principais fatores que influenciam na concentração de sólidos em águas residuárias suinícolas são: quantidade de animais, unidade produtiva adotada, volume de água utilizada na higienização dos galpões e outros desperdícios periféricos de água.

A concentração de sólidos fixos obtida foi maior que a quantidade máxima proposta por Kozen, (1980) apud Bezerra, (2002). Estes autores relatam que o valor máximo de sólidos fixos é de 10.408 (mg/L), a alta concentração encontrada no resíduo da propriedade em estudo (12.488,7 mg/L) pode ser justificado pelo fato que o resíduo segue a céu aberto para a esterqueira, possibilitando materiais serem misturados, como areia, metais e restos de ração que é disponibilizado aos animais.

A produção de biofertilizante da propriedade em estudo por dia equivaleria a 56.683,3kg por ano 204.059,88 kg, acarretando em uma receita de R\$ 20.406,00. STACHISSINI (2014), ao realizar um estudo sobre a implantação de um sistema biodigestor em uma propriedade rural em Mamborê - PR, obteve que a produção de biofertilizante da propriedade rural de 450 matrizes seria de 27.500 kg.

Para Corrêa et al. (2011), não deve-se considerar apenas o volume de biofertilizante aplicado, e sim as características do resíduo orgânico, bem como a análise, manejo e conservação do solo, a necessidade nutricional e a produtividade esperada para cada espécie vegetal. Assim, é interessante que o produtor realize análises desse biofertilizante gerado, a fim de verificar qual a porcentagem de nutrientes presentes, bem como, se reduziu a carga poluente.

Na Tabela 3 verifica-se a estimativa da taxa de produção de biogás, nas temperaturas de 24, 28 e 32°C.

TABELA 3. Estimativa da taxa de produção de biogás na propriedade avaliada.

Temperatura (°C)	Produção de Biogás (m ³ biogás.m ⁻³ da câmara de digestão.dia ⁻¹)	
	θ de 20 dias	θ de 30 dias
24	0,412	0,324
28	0,460	0,345
32	0,493	0,363

θ é o tempo de retenção hidráulica.

Observa-se que a medida que ocorre aumento da temperatura a produção de biogás eleva-se, obtendo-se o valor de 0,493 e 0,363 na temperatura de 32°C com retenção hidráulica de 20 a 30 dias, respectivamente. Tal fato pode ser explicado por conta da digestão anaeróbica dos microrganismos visto que a mesma está associada com o incremento de temperatura. É importante destacar que o tempo de retenção hidráulica (θ) de 20 dias apresentou produção mais elevada ao se comparar com o de 30 dias.

Em relação a taxa de crescimento máximo específico dos micro-organismos, o aumento de metano é linear ao aumento da temperatura. Ao se realizar cálculos de produção de metano com temperaturas entre 24 e 48 °C (Tabela 3).

TABELA 3.1 Variação da taxa de crescimento máximo específico dos micro-organismos (μm) e da produção de metano em decorrência do aumento da temperatura em tempos de retenção hidráulica (θ) de 20 e 30 dias.

Temperatura da biomassa (°C)	μm (dia ⁻¹)	Produção de metano (m ³)	
		θ de 20 dias	θ de 30 dias
24	0,183	0,268	0,210
28	0,235	0,299	0,225
32	0,287	0,321	0,237

Para o período de retenção de 30 dias, os resultados foram pouco satisfatórios, pois a produção de biogás foi baixa, se comparada com a θ de 20 dias. Para POULSEN (2003), ao se prolongar o período de permanência do substrato no interior do biodigestor, devido a atividade de degradação microbiológica a matéria orgânica biodegradável tende a reduzir bastante.

Em acordo com linhas matemáticas propostas por Hashimoto, (LIMA, 2011) ao realizar uma simulação de produção de metano, averiguou que as taxas de produção de metano são ótimas quando a temperatura está na faixa mesotérmica (aproximadamente 40°C), o θ é de 10 dias e há a disponibilidade de grandes concentrações de sólidos voláteis no substrato.

Considerando a produção de biogás com a θ de 20 dias na temperatura de 28°C, visto que esta é a temperatura média anual de Redenção, tem-se que o volume interno do biodigestor deve ser, no mínimo de 582.582,0 m³. Com esse resultado, estima-se que após a estabilização do sistema, a propriedade tenha capacidade de gerar 267.876,4 m³ biogás.dia⁻¹, portanto seria possível gerar 382.527,6 kWh.dia⁻¹ de energia elétrica, ou seja, 139.622.561,6 kWh.ano⁻¹ de energia elétrica.

Fernandes (2012) comenta que as principais formas de aproveitamento do biogás são em gás para fogões, iluminação, geradores a gás, ou serem transformados em energia elétrica, e ser utilizados na propriedade. De acordo com Barreira (2011) 1m³ de biogás equivale a 0,454L de gás de cozinha (GLP), sabendo-se que a capacidade de produção de biogás foi em torno de 267.876,4m³ diariamente, obteve-se uma quantidade de 121.615,89L, este se fosse

comercializado teria uma 55 equivalência de 3600 botijões de 13kg, o valor atual do botijão na região em estudo está em torno de R\$ 70,00, isso resultaria em uma renda bruta de R\$ 252.000,0 diariamente. A unidade de produção em estudo tem alto potencial energético, com isto, é interessante que a tecnologia de biodigestores seja conciliada com outra, para que o resíduo seja melhor aproveitado, pois o investimento inicial é alto e ainda não existem mecanismos de armazenamento que possibilitem a comercialização e utilização do gás gerado em substituição ao GLP nas residências.

CONCLUSÕES: A propriedade tem alto potencial para produção de biofertilizante, biogás e energia elétrica, sendo assim adesão de biodigestores da propriedade implicaria em benefícios ambientais com a fonte renovável de energia e reciclagem de nutrientes, além de ser utilizado para a produção de energia elétrica o que constitui uma importante fonte de renda e estabilidade social para os agricultores familiares.

REFERÊNCIAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA (ABIPECS). **Carne suína brasileira em 2009**. São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://www.abcs.org.br/>> Acesso em:22. Jan.2019.

BARREIRA, Paulo. Biodigestores – energia, fertilizantes e saneamento para a zona rural. 2011. 3ª ed. Editora Icone. São Paulo.

CORRÊA, Juliano C.; NICOLOSO, Rodrigo S.; MENEZES, June F. S.; BENITES, Vinícius M. Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais. Comunicado Técnico 486, EMBRAPA, Concórdia, SC. 2011.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos. Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão — EMATER/RS. Bipers n. 14, ano 10, ago. 2002.

EATON, A. D. et al., Standard methods for the examination of water & wastewater.

21. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2007.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES E EXTENSÃO- EMATER/RS. **Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa, n. 14, ano 10, ago. 2002.

FERNANDES, Dangelma M. Biomassa e biogás da suinocultura. 2012. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2012.

LIMA, Heleno Q. Avaliação dos modelos Hashimoto e AMS-III.D para produção de metano com dejetos de suínos. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC, Santo André – SP, 2011.

SOUZA, S. N. M. de. **Manual de geração de energia elétrica a partir do biogás no meio rural**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, CASCAVEL, 2016.

ROYA, B.; FREITAS, E.; BARROS, E.; ANDRADE, F. Biogás - uma energia limpa. **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v.13, n.13, p.142-149, 2011.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPACNPSA, EMBRAPA-CNPSA. Circular Técnica, 6, 1983.

NISHIMURA, Rafael. Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implantação de aplicativo computacional. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2009.

SGANZERLA, Edílio. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre. Agropecuária, 1983.

STACHISSINI, M.G. **Estudo sobre a implantação de um sistema biodigestor em uma propriedade rural em Mamborê-PR.** 2014. 43f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014.

PERDOMONO, Carlos C; OLIVEIRA, Paulo A. V; KUNZ, Airton. Sistemas de Tratamento de Dejetos Suínos: Inventário Tecnológico. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia-SC, 2003.

POULSEN, T.G. **Solid Waste Management.** Chapter 5 Anaerobic Digestion. 2003. Aalborg University. Disponível em: http://www.compost.org/CCC_Science_Web_Site/pdf/Digestate/Facts%20and%20Outputs.pdf f. Disponível em 12/12/2017.

TREVISAN, V. Produção de Biogás a Partir de Efluente da Suinocultura Utilizando Digestão Anaeróbia em Dois Estágios. In: Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais, Geração de Energia a Partir de Resíduos Animais, 1., 2009, Florianópolis. Anais. Porto Alegre: Siger, 2009. p. 264 – 268.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005, 452.