

PRODUTIVIDADE E RENDIMENTO DE BIOGÁS EM DOIS MODELOS DE BIODIGESTORES (BLC E CSTR) OPERANDO EM ESCALA PLENA

DANIELA CÂNDIDO¹, RICARDO L. R. STEINMETZ², FABIANE A. GOLDSCHMIDT³, JOÃO F. F. SILVA⁴, EDUARDA G. TEIXEIRA⁵, AIRTON KUNZ⁶

¹ Engenheira Química, Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim – RS, Fone: (49) 98403-0136, danielacandido@unochapeco.edu.br

² Dr. em Engenharia Química, Analista, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC

³ Dra. em Química, Analista, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC

⁴ Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Cascavel – PR

⁵ Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade do Oeste de Santa Catarina, campus Joaçaba – SC

⁶ Dr. em Química, Pesquisador Chefe Adjunto de Pesquisa, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia – SC

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: A alta demanda de proteína animal tornou o Brasil um dos maiores produtores de carne suína do mundo, necessitando de mudanças no manejo dos efluentes com o incremento de boas práticas de uso agrícola e/ou tratamento de efluente deste processo, como a digestão anaeróbia. A região Sul do Brasil, concentra a maior parcela da produção suína, além de ser uma região com características climáticas muito bem definidas. O objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade de biogás em reatores BLC (Biodigestor de Lagoa Coberta) e CSTR (do inglês Continuous Stirred-tank Reactor) em escala plena considerando-se os efeitos de sazonalidade climática e característica do dejetos. O experimento foi conduzido em uma unidade produtora de leitões (UPL). Dois reatores do tipo BLC com volume de 2500 m³ cada, sem controle de temperatura e um digestor CSTR com 700 m³ com controle de temperatura e agitação, em condições mesofílicas (37°C). Os resultados obtidos mostraram que houve queda de produtividade de biogás entre os meses de frio e calor de 18% em reatores modelo BLC, enquanto o reator CSTR não teve queda significativa de rendimento e produtividade de biogás em função da temperatura externa, e sim da variação do volume de alimentação.

PALAVRAS-CHAVE: Digestão anaeróbia, Sazonalidade; Tratamento de efluente suíno.

BIOGAS PRODUCTIVENESS AND YIELD IN TWO MODELS OF BIODIGESTORS (CBL AND CSTR) OPERATING AT FULL SCALE

ABSTRACT: The high demand of animal protein made the Brazil one of the biggest swine producer in the world, raising the need for changes in the management of effluents with the increase good agricultural practices and/or effluent treatment in this process, like the anaerobic digestion. The Southern of Brazil, concentrates the major portion of swine production, besides being a region with very well defined climatic characteristics. The aim of this study was to evaluate the biogas productiveness in CLB (Covered Lagoon Biodigester) and CSTR (Continuous Stirred-tank Reactor) in full scale considering the effects of climatic seasonality and waste characteristics. The experiment was conducted in a Farrow to Wean Unit. Two CLB reactors with 2500 m³ of volume each, without temperature control and one CSTR with 700 m³ with temperature control and agitation, in mesophilic conditions (37 °C). The results obtained showed a decrease of biogas productiveness between the months of cold

and hot of 18% in CLB reactors, while the CSTR reactor do not have decreased the yield and productiveness in function of the outside temperature.

KEYWORDS: Anaerobic digestion; Seasonality; Swine manure treatment.

INTRODUÇÃO: A suinocultura moderna é caracterizada por sistemas de produção intensivos que resultam em ganhos econômicos, permitindo o aumento do número de animais em espaços cada vez menores (SCHUTZ et al., 2019). A atividade suinícola brasileira apresentou nos últimos anos altos índices de produtividade, sendo o Brasil, o 4º maior produtor de carne suína do mundo, o que requer também o cuidado e atenção com o manejo dos resíduos da produção (ABPA, 2019). Este fato fez com que alternativas para o tratamento de dejetos suínos fossem buscadas. Atualmente a digestão anaeróbia (DA) associado ao seu uso na fertirrigação é uma das práticas mais aplicadas, devido a possibilidade de reciclo de nutrientes seguindo os preceitos da economia circular. Como produto da DA tem-se o biogás, que pode ser convertido em energia térmica e/ou elétrica (KHAN et al., 2017; CAO et al., 2020). Um dos parâmetros de monitoramento mais importantes no processo de digestão anaeróbia é a qualidade do dejetos e a temperatura que o processo se desenvolve em função de sua influência sobre a microbiota no interior do reator. Em regiões com grande amplitude térmica, a produção de biogás pode ser comprometida (KUNZ et al., 2019). Baixas temperaturas afetam negativamente a eficiência de degradação, a produção de biogás e a estabilidade do processo, além de reduzir a microbiota presente (RASTOGI et al., 2008; SCHMIDT et al., 2019). Com isso, levando em consideração o local da pesquisa realizada, região Sul do Brasil, estudou-se a geração de biogás em reatores do tipo BLC (biodigestor de lagoa coberta) e CSTR (do inglês *Continuous Stirred-tank Reactor*) em escala plena considerando-se as características do dejetos e a sazonalidade climática.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido em uma unidade produtora de leitões (UPL), localizada no município de Videira – SC, Brasil (27°02'38.8"S 51°05'35.7"W). A área experimental é um dos módulos do Sistema de Tratamento de Efluentes da Suinocultura – SISTRATES, projeto desenvolvido pela Embrapa Suínos e Aves, o qual objetiva reduzir o impacto ambiental das águas residuárias provenientes da suinocultura a partir da remoção conjunta de carbono, nitrogênio e fósforo. Este módulo consiste em dois BLCs com 2.500 m³ cada, e um reator CSTR com 700 m³, além de um sistema de separação sólido-líquido (SSL). O fluxograma da área experimental é apresentado na Figura 1, os reatores BLCs recebem efluente de aproximadamente 6.000 matrizes sendo que, o efluente é previamente submetido a uma separação sólido-líquido. O dejetos bruto passa por uma peneira de escovas rotativas (2 mm de crivo), a fração líquida é encaminhada a um decantador (40 m³) para então alimentar os BLCs operados em paralelo. O reator CSTR recebe alimentação de três pontos diferentes que são, os sólidos retidos na peneira, o lodo do decantador e o lodo dos BLCs sendo os dois últimos bombeados ao CSTR, que recebe sua alimentação em regime semi-contínuo, como os BLCs. Diariamente o CSTR recebe cerca de 20 m³, o equivalente a 12% do volume total de entrada do sistema.

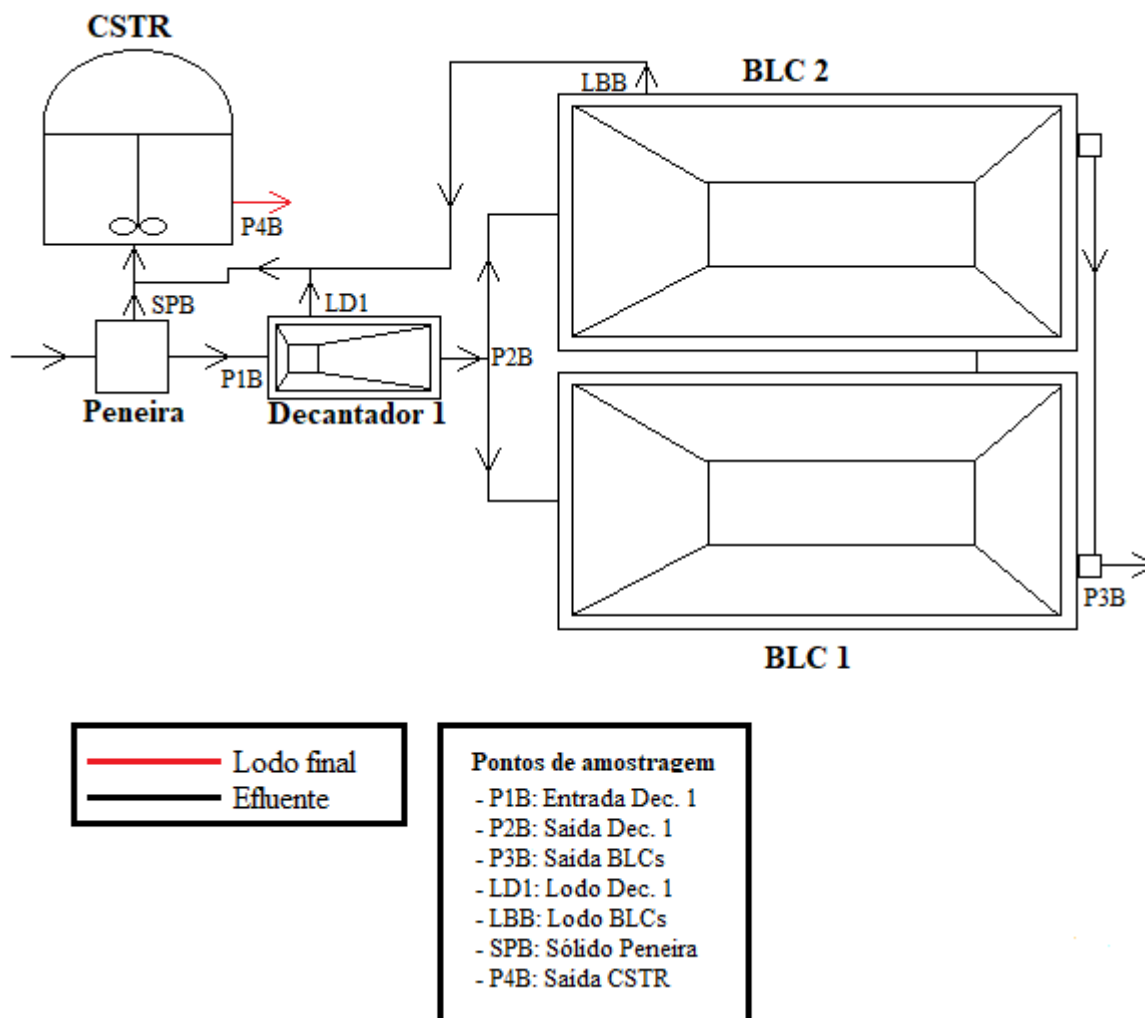


FIGURA 1. Fluxograma de um sistema de tratamento de efluente baseado no processo de separação sólido-líquido e digestão anaeróbia

Para quantificar a produção de biogás dos biodigestores, utiliza-se um fluxômetro de massa térmica, modelo FT2 da marca Contech®, este equipamento é conectado ao software AwiVIEW da marca Awite®, onde foi possível armazenar todos os dados do equipamento. Os medidores de biogás localizam-se em dois pontos estratégicos, na saída do reator CSTR e na saída da tubulação que direciona o biogás ao sistema de geração de energia, sendo assim, possível saber separadamente a produção de biogás dos dois modelos de biodigestores. A temperatura dos biodigestores foi verificada em suas respectivas saídas, sendo esta aferição realizada sempre no mesmo horário. Na determinação da composição do biogás, faz-se o uso do equipamento Awiflex, na marca Awite®, também conectado ao software AwiVIEW, suas medições permitem saber a composição de CH₄, CO₂, O₂ e H₂S, sendo feitas aferições a cada 2 horas. Para análise de sólidos voláteis (SV), utilizou-se metodologia de acordo com APHA (2012), onde amostras foram secas a 105 °C para determinação de sólidos totais (ST) e calcinados a 550 °C para determinação de sólidos fixos (SF) e SV. Para a determinação da carga orgânica volumétrica (COV) e do tempo de retenção hidráulica (TRH), as Equações 1 e 2 foram utilizadas.

$$TRH = V.Q^{-1} \quad (1)$$

$$COV = (S_v \cdot Q) \cdot V^{-1} \quad (2)$$

Em que,

V – volume do biodigestor (m³);

Q – vazão de alimentação (m³.d⁻¹);

S_v – concentração de sólidos voláteis presentes no substrato (kg.m⁻³).

Para avaliação no período de temperatura mais frias foram avaliados dados dos meses de junho e julho de 2018, e para avaliação em um período de temperatura mais quentes foram avaliados dados de novembro e dezembro de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os biodigestores em questão trataram no ano de 2018 aproximadamente 158 m³_{dejeito}.d⁻¹ no período de frio e, 166 m³_{dejeito}.d⁻¹ no período de calor. Sendo a geração de dejeito de 27,8 L.matriz⁻¹.d⁻¹, dado este que, no ano de elaboração do projeto (ano 2015) era de 50 L.matriz⁻¹.d⁻¹. É possível perceber o decréscimo do volume de dejeito gerado na granja, 44% de redução, fato este que ocorreu devido ao forte trabalho em diminuir o consumo de água, otimizando processos internamente além de minimizar infiltrações de água da chuva, por exemplo, fato corriqueiro em sistemas produtivos suínos. Esta diferença impacta em muitas variáveis do processo, já que a característica do efluente tende a variar. Cálculos COV, TRH e concentração de SV foram efetuados a fim de acompanhar as eficiências dos biodigestores, conforme dados apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Variáveis de projeto utilizadas no dimensionamento dos reatores e condições de operação no período estudado

	BLC			CSTR		
	Projeto	Real		Projeto	Real	
		Frio	Calor		Frio	Calor
SV (Kg.m ⁻³)	20,0	11,38	8,72	55,07	62,86	62,65
COV (Kgs _{SVadíc.} m ⁻³ .d ⁻¹)	1,0	0,28	0,30	1,6	1,79	1,68
TRH (d)	20	42,20	37,02	35	35,95	38,13

Analisando a Tabela 1, ao comparar os dados de SV, fica claro o decréscimo da concentração, sendo este justificado principalmente etapa adicional SSL. Na elaboração do projeto não havia a etapa de SSL, o efluente entraria bruto nos BLCs, a adição desta etapa possibilitou um maior controle do teor de sólidos dentro dos BLCs prolongando sua vida útil. A COV dos BLCs sofreu um aumento de 6,66% entre os períodos de frio e calor e, apesar do teor de sólidos ter diminuído, houve uma maior geração de dejeito, fazendo que com o TRH nos BLCs diminuíssem. O reator CSTR foi dimensionado em função dos volumes e concentrações de lodo produzidas, observou-se durante a operação do processo que não houveram grandes variações em sua concentração. Ao confrontarmos os meses de frio e calor nota-se uma diminuição da COV em torno de 6%, diminuição está que está ligada a redução da alimentação, que nos meses de frio foi de 20 m³ em média e nos de calor de 18,86 m³. A Tabela 2 apresenta dados de produtividade (PdB), rendimento (RB) e temperatura interna dos reatores e ambiente.

TABELA 2. Dados relacionados a produção de biogás e temperatura dos reatores e ambiente

	BLC			CSTR		
	Projeto	Real		Projeto	Real	
		Frio	Calor		Frio	Calor
PdB ($\text{Nm}^3_{\text{biogás}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$)	0,2	0,148	0,181	0,8	0,487	0,436
RB ($\text{m}^3_{\text{biogás}} \cdot \text{KgSVadic}^{-1}$)	0,2	0,475	0,719	0,508	0,270	0,258
T_{amb} ($^{\circ}\text{C}$)*	-	10,51	17,86	-	10,51	17,86
T_{int} ($^{\circ}\text{C}$)*	-	17,9	25,8	37	32,9	35,86

*Medidas realizadas sempre às 8:00 h da manhã;

PdB= Produtividade de biogás; RB= Rendimento de biogás.

Avaliando os dados primeiramente dos BLCs, os dados de produtividade de projeto e real estão coerentes, já que, apesar da redução de volume já citada anteriormente, os valores de SV compensam essa redução, o que pode ser visto também nos dados de RB. Ao compararmos os dados de frio e calor dos BLCs, percebe-se uma queda de 18% de produtividade, e 37% de rendimento, enquanto a temperatura interna dos reatores caiu cerca de 8 °C (redução de 31%), avaliando a diferença entre a temperatura ambiente e interna dos reatores, nos meses de frio essa variação foi de 41% enquanto nos meses de calor, foi de 31%. Conforme (RASTOGI et al., 2008) a atividade microbiana em temperaturas mais baixas diminui significativamente, afetando a produção diária de biogás. Não houveram quedas de produtividade e rendimento de biogás no reator CSTR nos meses de frio e calor em função da temperatura, pois, o reator era mantido aquecido, porém a redução de PdB (10,5%) e RB (4,4%) se deu em função da redução do volume de alimentação nos meses de calor (5,7%). A concentração de metano também foi avaliada nos dois modelos de reatores, conforme apresentam as Figura 2 e 3.

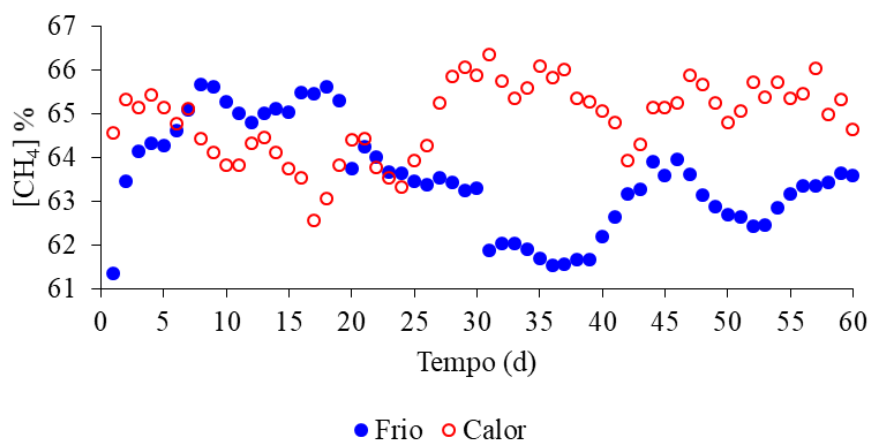


FIGURA 2. Perfil médio de concentração de metano nos reatores BLCs ao longo dos dias nos meses de frio e calor.

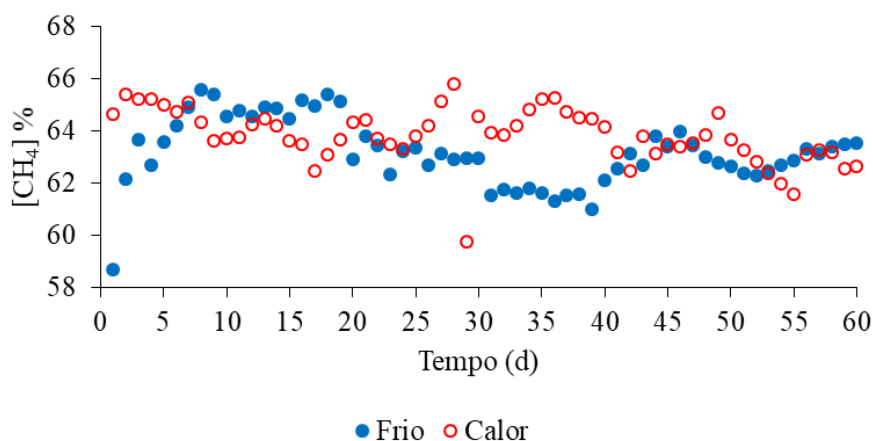


FIGURA 3. Perfil médio de concentração de metano no reator CSTR ao longo dos dias nos meses de frio e calor.

As Figuras 2 e 3 acima corroboram com toda a discussão já apresentada. O teor de metano nos reatores BLCs sofreram maior variabilidade de concentração entre os meses de frio e calor, apresentando concentrações médias de 63,5% e 64,9%, respectivamente. Já o reator CSTR manteve sua concentração de metano constante sofrendo uma variação de apenas 1% entre os meses de frio e calor, o teor de metano do reator CSTR variou entre 63,2% a 63,8% respectivamente. Chae et al. (2008) em condições similares ao presente estudo em relação a variação de temperatura, em reatores de escala laboratorial, observou comportamentos semelhantes quanto a redução da concentração de metano, além de concentrações muito similares as aqui obtidas. Silva et al. (2018) em um estudo com biodigestores em série em escala plena, alimentado com dejetos suíno também observou queda de concentrações de metano durante os meses de frio e calor as quais variaram entre 67,2% e 73%.

CONCLUSÕES: A suinocultura vem apresentando grandes avanços tecnológicos também na questão ambiental, um deles é a utilização da digestão anaeróbia como início de tratamento para o dejetos suíno, além da redução do consumo de água nas granjas. A viabilidade deste processo baseia-se na produção de biogás e é por isso que, em regiões com estações do ano bem definidas, como o caso da Região Sul do Brasil é preciso levar essas temperaturas em consideração. Reatores do tipo BLC sem nenhum sistema de aquecimento sofrem um impacto maior na produtividade de biogás que reatores do tipo CSTR, que não sofrem tanta influência da temperatura externa.

AGRADECIMENTOS: CNPq e SISTRATES-BNDES.

REFERÊNCIAS: ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2019**. Disponível em: <http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2019/07/5350a_final_abpa_relatorio_anual_2019_portugues-vesao_web.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2020.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington, DC; American Public Health Association, 2012.

CAO, L.; KEENER, H.; HUANG, Z.; LIU, Y.; RUAN, R.; XU, F. Effects of temperature and inoculation ratio on methane production and nutrient solubility of swine manure anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, Nanchang, v. 299, p. 122552, 2020.

CHAE, K.J.; JANG, A.; YIM, S.K.; KIM, S. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1-6, 2008.

KHAN, I. U.; OTHMAN, M. H. D.; HASHIM, H.; TAKESHI, M.; ISMAIL, A. F.; REZAEI-DASHTARZHANDI, M. AZELLE, I. W. Biogas as a renewable energy fuel – A review of biogas upgrading, utilisation and storage. **Energy Conversion and Management**, Ottawa, v. 150, p. 277-294, 2017.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. Disponível em:
<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1108617>>.

RASTOGI, G.; RENADE, D. R.; YEOLE, T. Y.; PATOLE, M. S.; SHOUCHE, Y. S. Investigation of methanogen population structure in biogas reactor by molecular characterization of methyl-coenzyme M reductase A (mcrA) genes. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 13, 2008, p. 5317–5326.

SCHMIDT, T.; HARRIS, P.; LEE, S.; MCCABE, B. K. Investigating the impact of seasonal temperature variation on biogas production from covered anaerobic lagoons treating slaughterhouse wastewater using lab scale studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Toowoomba, v. 7, n. 3, p. 103077, 2019.

SCHÜTZ, A.; SONNTAG, W. I.; SPILLER, A. Environmental Enrichment in pig husbandry: Consumer comparative assessment of different housing elements based on a pictorial survey. **Diskussionsbeitrag**. Göttingen, n. 1903, p. 15, 2019.

SILVA, F. P.; SOUZA, De S. N. M.; KITAMURA, D. S.; NOGUEIRA, C. E. C.; OTTO, R. B. Energy efficiency of a micro-generation unit of electricity from biogas of swine manure. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Cascavel, v. 82, p. 3900-3906, 2018.