



TEMPERATURAS MESÓFILAS E TERMÓFILAS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DE EFLUENTE DA PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ

NADALETI, W. C.¹; LOURENÇO, V. A.²; SCHOELER, G P.²; AFONSO, M.²; SANTOS, R. F.²; VIEIRA, B. M.¹; LEANDRO, D.¹; QUADRO, M. S.¹

¹Professor Adjunto do CEng, UFPel/Pelotas-RS

²Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFPel/Pelotas-RS

Palavras-chave: digestão, anaeróbia, biodigestores, gamas.

Resumo

As indústrias de arroz geram cerca de quatro litros de efluente a cada quilo de arroz beneficiado, sendo o Brasil um dos maiores produtores de arroz no mundo e tendo em vista que esses efluentes possuem altas cargas orgânicas, tal segmento apresenta enorme potencial poluidor. Diante disso, a digestão anaeróbia visando a produção de biogás é avaliada como possível solução tanto na geração de energia quanto no tratamento de efluentes. O propósito deste trabalho é avaliar a temperatura ideal para produção de biogás por meios da digestão anaeróbia com lodo e efluente da parboilização de arroz. Os biodigestores foram operados em batelada às temperaturas de 35 °C, 45 °C e 55 °C. O maior pico de produção de biogás em todas as temperaturas se deu nas primeiras 12 horas. O maior volume de biogás gerado ao longo das 276 horas ocorreu no sistema à 35 °C com 5,198 dm³, assim como 87,3% de remoção de DQO. Para o pH, todos sistemas alcançaram a neutralidade. A temperatura ideal para a produção de biogás através da digestão de efluente da produção de arroz parboilizado, nesse experimento, foi a de 35 °C.

MESOPHILIC AND THERMOPHILIC TEMPERATURES IN PRODUCTION OF BIOGAS THROUGH THE WASTEWATER OF PARBOILIZATION OF RICE

Keywords: digestion, anaerobic, biodigesters, rangers.

Abstract

Rice industry generates about four liters of effluent per kilogram of rice milled, Brazil being one of the largest rice producers in the world and considering that these wastewaters have high organic loads, this segment presents a huge potential for pollution. Therefore, the anaerobic digestion for biogas production is evaluated as a possible solution for both: energy generation and treatment of effluents. The purpose of this work is to evaluate the ideal temperature for biogas production by means of anaerobic digestion with sludge and rice parboiling effluent. The biodigesters were batch operated at temperatures of 35 °C, 45 °C and 55 °C. The highest biogas production peak at all temperatures occurred in the first 12 hours. The highest volume of biogas generated during the 276 hours occurred in the system at 35 °C with 5.198 dm³, as well as 87.3% of COD removal. For pH, all systems achieved neutrality. The ideal temperature for the biogas production through the parboiled rice effluent digestion in this experiment was 35 °C.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem previsão de fechar 2017 com cerca de 11,9 milhões de toneladas de arroz colhidas, dado que o coloca entre os maiores produtores de arroz no mundo e prevê um crescimento de 0,86% para os próximos anos neste setor (SPINOSA et al., 2016; FAO, 2017). Neste contexto, o Rio Grande do Sul é o estado de maior produção nacional, com cerca de 71,4% de participação do total (IBGE, 2017).

Os números de indústrias de processamento de arroz têm crescido para manter a demanda populacional e de mercado, visto isto, os processos envolvidos na industrialização geram grandes quantidades de efluentes com potencial poluidor (KUMAR et al., 2016), de elevada carga orgânica e difícil biodegradabilidade (TONI; IMAMURA; LIMA, 2014).

De todo arroz consumido no Brasil, cerca de 25% é arroz parboilizado (PARAGINSKI et al., 2014), este processo é feito através de operações unitárias que garantem um grão de maior qualidade e rico em nutrientes (AMATO, 2017). No entanto, cerca de 4 L de efluente são gerados para cada kg de arroz parboilizado beneficiado, cujas características, como a grande quantidade de nitrogênio e fósforo, podem resultar em sérios danos ao meio ambiente (QUEIROZ; KOETZ, 1997).

Nesse sentido, a digestão anaeróbia para a produção de biogás, é avaliada como potencial solução, tanto no fomento às energias limpas quanto no tratamento de resíduos e efluentes orgânicos (HOLM-NIELSEN; AL SEADI; OLESKOWICZ-POPIEL, 2009; SAIDU et al., 2014). A digestão anaeróbia ocorre em três diferentes gamas de temperatura, a psicrófila (<25 °C), mesófila (25–40 °C) e termófila (45–60 °C) (MAMUNA; TORIIA, 2017).

Considerando o acima exposto, o propósito deste trabalho é determinar a temperatura ideal para produção de biogás através do uso de biodigestores para digestão anaeróbia de efluente e lodo da parboilização de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Os biodigestores, de baixo custo, foram desenvolvidos para operarem com grande facilidade e eficiência. Foram elaborados a partir da reutilização

de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET), que comportam um volume interno total de 2,15 dm³. Para controle das temperaturas internas foram inseridos termômetros precisão, através de orifícios feitos nas laterais dos recipientes, próximos ao compartimento de permanência do inóculo. Os biodigestores foram vedados com silicone acético incolor, impedindo futuras perdas de biogás para a atmosfera. Visando a não interferência da luminosidade nos processos internos, cada biodigestor foi envolto com folhas finas de alumínio.

Os medidores foram elaborados a partir do princípio do deslocamento de líquidos, que se constitui em dois frascos comunicantes, onde um dos frascos é conectado à parte superior do biodigestor (Figura 1). Para garantir, ao fim de cada medição, o retorno do líquido contido nos frascos à marca inicial, instalou-se entre cada medidor e seu respectivo reator um divisor de ar com passagem para o reator e a atmosfera. Além disso, os medidores receberam uma fina camada de óleo de soja acima da água, para evitar a dissolução do CO₂ contido no biogás.



Figura 1. Sistema de medição do biogás e biodigestor

Os biodigestores foram alimentados e acondicionados conforme descrito na Figura 2. Foi reservado um volume de 0,45 dm³ em cada reator para *headspace*. O efluente e o lodo utilizados para alimentar os biodigestores foram cedidos por uma indústria de arroz parboilizado localizada na cidade de Pelotas-RS, Brasil. Os biodigestores, operados em batelada, foram acomodados em banhos de aquecimento com termostato.

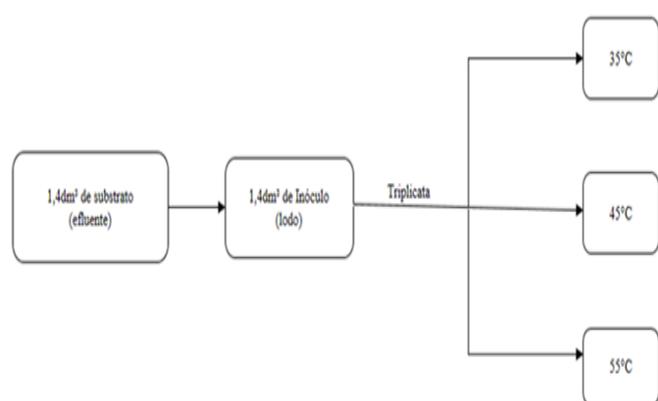


Figura 2. Fluxograma de alimentação e condicionamento dos biodigestores

Durante a execução do experimento, as medições foram realizadas diariamente em dois horários distintos, às 10 horas e às 17 horas, zerando-se o medidor a cada intervalo. As análises da Demanda Química de Oxigênio (DQO) e pH foram realizadas no Laboratório de Análise de Águas e Efluentes do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (APHA, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as temperaturas o maior pico de produção de biogás se deu nas primeiras 12 horas do processo, chegando a valores maiores que todos os posteriores intervalos de 24 horas. Esta característica se deve ao fato de que a partida inicial na produção acontece em decorrência do inóculo presente no sistema (LIU; SUN; SCÜNNURER, 2017). O uso de inóculo não somente antecipa o pico de produção de biogás como também pode aumentar o potencial efetivo da biomassa (CERRILLO; VIÑAS; BONMATÍ, 2017).

Oscilações de 2 °C podem causar efeitos adversos na digestão mesófila, já na termófila mudanças de apenas 0,5 °C são capazes de interferir na degradação da matéria orgânica presente no sistema (GUNNERSON; STUCKEY, 1986). Sendo assim, podem ter ocorrido variações na produção de biogás, caso o sistema de aquecimento tenha se mantido instável durante todo o período do experimento, principalmente nas temperaturas termófilas. Kim, Ahn e Speece (2002) afirmam que na faixa mesófila, a produção de biogás ocorre de maneira eficiente e menor demanda no gasto energético para manter a quantidade de calor no

digestor. Além disto, os autores afirmam que na digestão mesófila, existe maior facilidade para manter o sistema estável quanto ao metabolismo dos microrganismos.

Dentre as três temperaturas utilizadas no experimento, a de 35 °C apresentou maiores volumes de biogás ao longo das 276 horas, totalizando uma produção de 5,198 dm³. A geração total de biogás apresentada pelos sistemas submetidos a 45 °C e 55 °C exibiram resultados inferiores, com 2,458 dm³ e 2,213 dm³, respectivamente, além de terem apresentado desde o início uma produção sem picos significativos (Figura 2). Toma et al. (2016) obtiveram melhores desempenhos na produção de biogás através de estrume de porco e de gado, diluídos em água quando os biodigestores foram submetidos à temperatura mesófila de 35 °C, com uma produção de 0,778 m³, enquanto um sistema submetido a 45 °C obteve um volume de 0,639 m³.

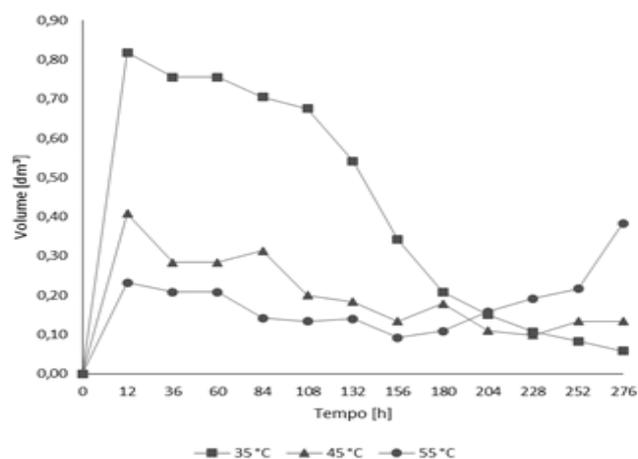


Figura 3. Gráfico da produção de biogás

Devido ao fato de todos os biodigestores terem recebido a mesma alimentação, a DQO de entrada de todos os sistemas apresentou a mesma concentração de oxigênio dissolvido (Tabela 1). De acordo com a teoria de equivalência da produção de metano em função da remoção de DQO, o sistema com maior remoção de DQO foi o submetido a 35 °C, com uma remoção de 87,43%, enquanto que em 45 °C foi obtido um valor de 80,43% de remoção, seguido pelo sistema de 55 °C com 76,08%. Trisakti et al. (2017) relatam maior eficiência de remoção de DQO na digestão anaeróbia contínua de efluente de óleo de palma quando submetido a temperaturas mesofílicas, com aproximadamente 87,28% de remoção contra

aproximadamente 79,16% quando operado em temperaturas termofílicas.

Tabela 1. Resultado das análises de DQO

Sistema(°C)	Entrada (mgO.L ⁻¹)	Saída (mgO.L ⁻¹)
35	6447,50	810,46
45	6447,50	1261,91
55	6447,50	1542,50

Quanto ao pH, todos os sistemas alcançaram a neutralidade (Tabela 2). A elevação do pH após a digestão anaeróbia se dá, segundo Weiland (2010), geralmente, devido à acumulação de amônia durante o processo de degradação de proteínas. Apesar de, para a produção de biogás, serem indicados valores de pH próximos da neutralidade, de maneira geral, tal fator não acarretou em uma baixa eficiência dos sistemas.

Tabela 2. Resultado das análises de pH

Sistema (°C)	Entrada	Saída
35	3,47	7,51
45	3,47	7,35
55	3,47	7,87

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste experimento, a temperatura ideal para a produção de biogás através da digestão de efluente da produção de arroz parboilizado foi a de 35 °C.

LITERATURA CITADA

ALMEIDA, C. B. BUENO, G. F.; DEL BIANCHI, V. L. Tratamento da manipueira em sistema anaeróbio de leito fixo. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, São Paulo, v. 6, p. 192-200, 2010.

AMATO, G. W. Arroz no programa mundial de alimentação das Nações Unidas. 2.ed. Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2017.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 5220-C*, p. 5-16, 2005.

CERRILLO, M.; VIÑAS, M.; BONMATÍ, A. Start-up of electromethanogenic microbial electrolysis cells with two

different biomass inocula for biogas upgrading. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. v.5, n.10, p.8852–8859, 2017.

FOA. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Rice Market Monitor*. v.20, n. 1, 2017.

GUNNERSON, C.; STUCKEY, D. *Anaerobic digestion: principles and practice of biogas systems*. World Bank Technical Paper, n. 49, 1986.

HOLM-NIELSEN, J. B. AL SEADI, T. OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, v. 100, p.5478-5484, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil*, Rio de Janeiro, v. 30, n.1, p.1-81, 2017.

KIM, M.; AHN, Y.; SPEECE, R. Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic. *Water Research*, v.36, p.4369-4385, 2002.

KUMAR, A. PRIYADARSHINEE, R. ROY, A. DASGUPTA, D. MANDAL, T. Current techniques in rice mill effluent treatment: Emerging opportunities for waste reuse and waste-to-energy conversion. *Chemosphere*, v.164, p. 404-412, 2016.

LIU, T.; SUN, L.; SCÜNURER, B. M. A. Importance of inoculum source and initial community structure for biogas production from agricultural substrates. *Bioresource Technology*. v. 245, part A, p.768-777, 2017.

MAMUNA, M. R. A.; TORIIA, S. Anaerobic co-digestion technology in solid wastes treatment for biomethane generation. *International Journal of Sustainable Energy*, v. 36, n.5, p.462-472, 2017.

PARAGINSKI, R. T. ZIEGLERM, V. TALHAMENTO, A. ELIAS, M. C. Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.17, n.2, p.146-453, Campinas, 2014.

QUEIROZ, M. I. KOETZ, P. R. Caracterização do efluente da parboilização do arroz. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.3, n.3, p. 139-143, 1997.

SAIDU, M. YUZIR, A. SALIM, M. R. SALMIATI. AZMAN, S. ABDULLAH, N. Biological pre-treated oil palm mesocarp fibre with cattle manure for biogas production by anaerobic digestion during acclimatization phase. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v.95, p.189-194, 2014.

SILVIUS, M.; VOGELAAR, J.; CRUZ, S. Geração de biogás da vinhaça com um novo tipo de reator anaeróbio. Disponível em: <<http://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/geracao-de-biogas-da-vinhaca-com-um-novo-tipo-de-reator-anaerobio/>>. Acesso em 22 nov. 2016.

SOLANO, O. R. VARGAS, M. F. WATSON, R. G. Biodigesters: chemical, physical and biological factors related to their productivity. *Tecnología en Marcha, Edición especial inglés*, p.47-53, 2016.

SPINOSA, W. A. JÚNIOR, V. S. GALVAN, D. FIORIO, J. L. GOMEZ, R. J. H. C. Syrup production via enzymatic conversion of a byproduct (broken rice) from rice industry. *Acta Scientiarum Technology, Maringá*, v. 38, n. 1, p. 13-22, 2016.

TOMA, L.; VOICU, G.; PARASCHIV, G.; VLADUT, V.; DINCA, M.; VOICEA, I; UNGUREANU, N; MOICEANU, G. The influence of the temperature on biogas Production in a small capacity plant. *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering, Hunedoara*, v.9, n.4, p.153-156, 2016.

TONI, J. C. V. IMAMURA, K. B. LIMA, T. H. S. Caracterização física e química dos efluentes líquidos gerados na indústria alimentícia da região de Marília, SP. *Analytica*, São Paulo, v.69, p.58-66, 2014.

TRISAKTI, B.; IRVAN, MAHDALENA; TASLIM; TURMUZI, M. Effect of temperature on methanogenesis stage of two-stage anaerobic digestion of palm oil mill effluent (POME) into biogás. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Bristol, England, v.206, n.1, p.012027, 2017.

WEILAND, P. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v.85, p.849-860, 2010.