SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani
EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

APROVEITAMENTO DE MELAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DA TORTA DE FILTRO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS, EM REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE COM MANTA DE LODO, EM SÉRIE

REUSE OF SUGARCANE MOLASSES AND FILTER CAKE TO PRODUCE BIOGAS INTO UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET REACTORS IN SERIES

Jorge Otavio Silva Nunes[I]
Valciney Gomes de Barros[II]
Rose Maria Duda[III]
Roberto Alves de Oliveira[IV]

RESUMO

A digestão anaeróbia é uma das opções para a produção de biogás a partir dos subprodutos gerados na produção de açúcar, como o melaço e torta de filtro. Neste trabalho avaliou-se a produção de metano do melaço de cana-de-açúcar suplementado com torta de filtro, em reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em série R1 e R2, com volumes de 12,1 e 5,6 L, respectivamente. Os valores da carga orgânica volumétrica (COV) aplicadas no R1 variaram de 14,88 à 32,08 g DQO_{total} $(L\ d)^{-1}$ e para o R2 variaram de 10,68 à 28,45 g DQO_{total} $(L\ d)^{-1}$. A produção volumétrica média de metano observada foi de 0,22 e 0,02 L CH_4 $(L\ d)^{-1}$ no R1 e R2, respectivamente.
Palavras-chave: Melaço. Torta de filtro. Biogás. Reator anaeróbio. Metano.

ABSTRACT

The anaerobic digestion is one of the options to produce biogas using by products that are made on the production of sugar such as molasses and filter cake. In this work we evaluate the production of methane of sugarcane molasses supplemented with filter cake in series upflow anaerobic sludge blanket reactors (UASB), in series R1 and R2, with volumes of 12,1 and 5,6 L, respectively. The values of the organic rating load (ORL) applied in R1 had a variation from 14,88 to 32,08 g DQO total $(L\ d)^{-1}$ and the R2 had a variation from 10,68 to 28,45 g DQO total $(L\ d)^{-1}$. The average volumetric production observed 0,22 and 0,02 L CH 4 $(L\ d)^{-1}$ on R1 and R2, respectively.

Keywords: Molasse. Filter cake. Biogas. Anaerobic reactor. Methane.

[I] Mestrando em Microbiologia Agropecuária pela UNESP - Jaboticabal. Discente da Unesp de Jaboticabal. E-mail: jorge.nunes@unesp.br.
[II] Doutor em Microbiologia Agropecuária pela Unesp - Jaboticabal. Docente da Fatec de Jaboticabal. Tecnólogo em Biocombustíveis. E-mail: valciney.barros@fatec.sp.gov.br.
[III] Doutora em Microbiologia Agropecuária pela UNESP - Jaboticabal. Docente da Fatec de Jaboticabal. Eng. Química. E-mail: roseduda@fatecjaboticabal.edu.br.
[IV] Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP. Docente da Unesp de Jaboticabal. Agrônomo. E-mail: oliveira@fcav.unesp.br.

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING | Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani

EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

Área do resumo: Ciências Ambientais.
Data de submissão: 12/10/2020.
Data de aprovação: 29/10/2020.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma atividade agroindustrial importante no mundo e pode ser uma alternativa para a produção de biocombustíveis, como o etanol e biogás. O Brasil lidera a produção de cana-de-açúcar, com aproximadamente de 621 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processadas e produção de 29 milhões de toneladas de açúcar na safra de 2018/2019 (UNICA, 2020).

Durante o processo de fabricação do açúcar são gerados dois subprodutos: o melaço, que contém elevados valores de demanda química de oxigênio (DQO) e a torta de filtro, um resíduo rico em nutrientes. Ambos podem ter sua utilização na digestão anaeróbia, em reatores UASB, para explorar o seu potencial energético.

Para a digestão anaeróbia do melaço destaca-se os reatores UASB (DETMAN *et al.*, 2017; NDOBENI; OYEKOLA; WELZ, 2019; SANTANA JUNIOR; DUDA; OLIVEIRA, 2019). Considerando que a torta de filtro é um resíduo que atualmente não é usado para fins energéticos, pode-se utilizar essa biomassa no processo de digestão anaeróbio para produzir biogás (JANKE et al., 2016). Uma vez que esses dois resíduos, o melaço e a torta de filtro são produzidos na linha de produção de açúcar, convém utilizar a torta de filtro para melhorar a relação C/N, suprir a falta de alguns micronutrientes como o fósforo e potássio e favorecer maiores produções de metano. Barros et al., (2017), relatou maiores conversões da vinhaça de cana-de-açúcar em metano e maior estabilidade do processo com a suplementação com torta de filtro.

A utilização de reatores em série, tem sido o objetivo de vários estudos, em virtude da possibilidade de trabalhar com elevadas cargas orgânicas volumétricas (COV) com produções estáveis de metano, prevenindo sobrecargas orgânicas, favorece a estabilidade do sistema e aumenta a remoção de compostos tóxicos (BARROS; DUDA; OLIVEIRA, 2016; BOTELLO SUÁREZ *et al.*, 2018; MENG *et al.*, 2017).

Portanto, o objetivo deste presente trabalho foi avaliar dois reatores UASB, em série, quanto a produção de metano, utilizando como substrato o melaço suplementado com a torta de filtro. Foi utilizada como estratégia a recirculação, no intuito de aproveitar a alcalinidade gerada no sistema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Durante o processo de fabricação do açúcar são gerados dois subprodutos, o melaço e a torta de filtro. O melaço é um líquido viscoso que é derivado da centrifugação do açúcar em seu processo produtivo e tem níveis altos de demanda química de oxigênio (DQO), de aproximadamente 160.000 mg L^{-1}. A concentração de potássio e fósforo é de aproximadamente 2,4 e 0,08%, respectivamente. Além disso, o melaço contém compostos de baixo peso molecular, tais como o ácido lático, glicerol, etanol e ácido acético (WILKIE;

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani
EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

RIEDESEL; OWENS, 2000). A sua composição pode variar durante a safra da cana-de-açúcar, por conta da variedade e do estado de maturação da cana. Atualmente, é empregado na produção de etanol em virtude da elevada concentração de açúcares não cristalizados no processo da produção do açúcar (CASTAÑEDA-AYARZA; CORTEZ, 2017).

A torta de filtro é gerada no processamento do caldo de cana-de-açúcar, e é resultante da mistura de bagaço moído e lodo da decantação após a filtração mecânica. Este resíduo é rico em nutrientes, e as concentrações de nitrogênio e fósforo total é de aproximadamente 1,72 e 0,6% dos sólidos totais (ST), respectivamente (PRADO; CAIONE; CAMPOS, 2013). A quantidade gerada deste produto é aproximadamente 40 kg/ton de cana (NOGUEIRA; GARCIA, 2015).

A utilização do melaço na digestão anaeróbia é interessante, em virtude da produção de biogás, que contém principalmente metano, que pode ser utilizado na produção de energia elétrica ou térmica. Estudos comprovam que com a utilização de melaço para a produção de metano, existe a possibilidade de gerar mais energia do que sua utilização na produção de etanol. Santana Junior et al., (2019) observou que o melaço utilizado como substrato em reatores UASB termofílicos produz até 18,01 MJ L^{-1} melaço e a fermentação alcoólica 8,30 MJ L^{-1} melaço.

Porém, a utilização do melaço por longos períodos pode acarretar o acúmulo de compostos de difíceis degradação. Barros et al., (2016), utilizando reatores UASB em série, tratando vinhaça durante a safra e melaço durante a entressafra da cana-de-açúcar observou o decréscimo da remoção de 13 e 11% de DQO_{total} e DQO_{diss} e decréscimo na produção volumétrica de metano de 1,3 para valores próximos de 0,3 L CH_4 $(L\ d)^{-1}$, respectivamente.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O sistema foi constituído por dois reatores UASB, em série, com volumes de 12,1 e 5,6 L para os reatores R1 e R2, respectivamente. A temperatura foi controlada em cabines, a 35 °C.

Para o preparo do afluente, foi utilizado 40 g de torta de filtro para cada litro de afluente preparado, de acordo com Barros (2017). A torta de filtro foi deixada em descanso com o efluente (R2) por 24 h. Após esse período, foi adicionado o melaço de acordo com a COV aplicada (entre 50 e 60 mL de melaço). Depois de diluído, o afluente foi peneirado (malha de 2 mm) e filtrado em tecido de algodão para separação das fibras presentes na torta de filtro. A adição da torta de filtro ocorreu utilizando a relação DQP:N:P de 350:5:1, recomendada por Chernicharo (2007), para a digestão anaeróbia para o tratamento de esgoto sanitário.

Os tempos de detenções hidráulicos aplicados nos reatores foram de 38 e 18 horas no R1 e R2, respectivamente. As cargas orgânicas volumétricas (COV) médias aplicadas nos reatores R1 e R2 foram de 19,18 e 16,69 g DQO_{total} $(L\ d)^{-1}$, respectivamente. A taxa de recirculação do efluente do R2 foi de 100%.

SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, BIOCOMBUSTÍVEIS E MARKETING
Fatec Jaboticabal Nilo De Stéfani
EDIÇÃO 2020 – RESUMO EXPANDIDO – TRABALHO CIENTÍFICO

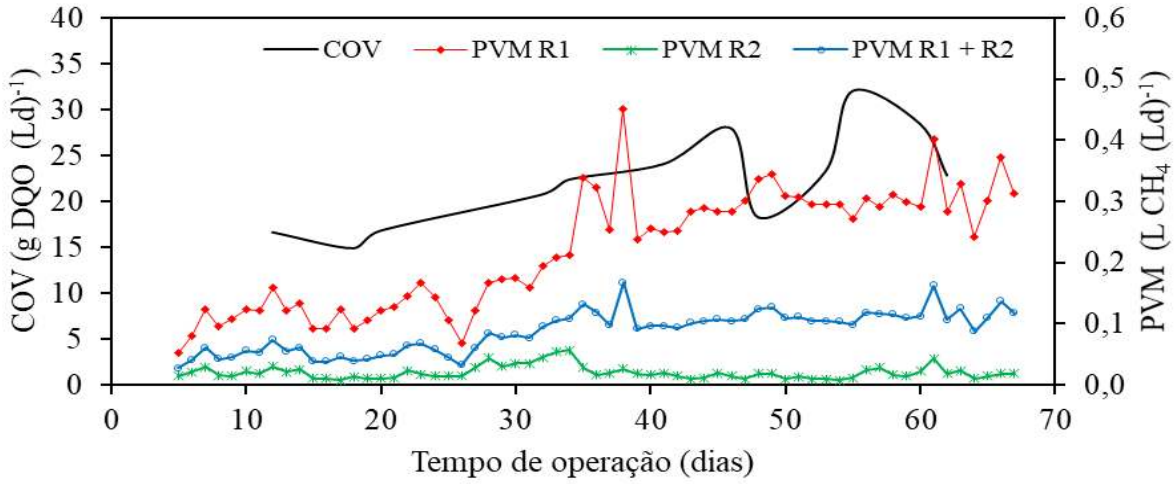
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios de DQO_{total} no afluente foram de 22.381 mg O_2 L^{-1} durante o experimento. Os valores de carga orgânica volumétrica (COV) aplicadas ao R1 variaram de 14,88 à 32,08 g DQO_{total} $(L\ d)^{-1}$ e de 10,68 à 28,45 g DQO_{total} $(L\ d)^{-1}$ no R2, com eficiências médias de remoção de DQO_{total} em 14, 9 e 23 % para o R1, R2 e R1+R2, respectivamente. Os baixos valores de remoção de DQO_{total} podem ter ocorrido em virtude do acúmulo de materiais complexos que são difíceis de serem degradados com a recirculação do efluente do R2, como também observado por Barros et al., (2016).

Os valores médios da AT e AP no afluente e efluentes do R1 e R2 foram de 7406, 8052 e 8189 mg $CaCO_3$ L^{-1} e de 5862, 6832 e 7080 mg $CaCO_3$ L^{-1}, respectivamente. Os resultados indicam que a alcalinidade que foi gerada durante o processo foi suficiente para consumir os ácidos, indicando também que a recirculação foi efetiva, melhorando o tamponamento do sistema. Os valores médios dos ácidos voláteis totais (AVT) foram de 1968, 1446 e de 1279 mg $CaCO_3$ L^{-1} no afluente, R1 e R2, respectivamente.

A produção volumétrica de metano (PVM) aumentaram com o aumento da COV, com valores médios de 0,22, 0,02 e 0,09 L CH_4 $(L\ d)^{-1}$ para o R1, R2 e R1 + R2, respectivamente (Figura 1). Santana Junior et al., (2019), trabalhando com reatores UASB em série, utilizando melaço como substrato, obtiveram valores de PVM semelhante de 0,10 L CH_4 $(L\ d)^{-1}$, porém com remoções de DQO_{total} próximas à 50%. As médias do percentual de metano obtidas nos reatores R1 e R2 foram de 42 e 49 %, respectivamente. As produções específicas de metano (PEM) média obtidas foram de 0,17, 0,14 e 0,11 m^3 CH_4 $(Kg\ DQO_{rem})^{-1}$ para o R1, R2 e R1+R2, respectivamente.

Figura 1 - Carga orgânica volumétrica (COV) versus produção volumétrica de metano (PVM) obtidos nos reatores UASB



5 CONCLUSÕES

A recirculação do efluente do R2 melhorou a alcalinidade do afluente e possibilitou a degradação dos ácidos gerados pelo processo. No entanto, contribuiu para as baixas

eficiências de remoção de DQO_{total}, que pode ter ocorrido em virtude do acúmulo de compostos difíceis de serem degradados. No entanto, a utilização dos reatores UASB em série, permitiu o aumento das produções específicas de metano (PEM) médias para valores de até 0,11 m^3 CH_4 (Kg $DQO_{rem})^{-1}$.

REFERÊNCIAS

BARROS, V. G. DE et al. Improved methane production from sugarcane vinasse with filter cake in thermophilic UASB reactors, with predominance of Methanothermobacter and Methanosarcina archaea and Thermotogae bacteria. **Bioresource Technology**, v. 244, n. May, p. 371–381, 2017.

BARROS, V. G. DE; DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. DE. Biomethane production from vinasse in upflow anaerobic sludge blanket reactors inoculated with granular sludge. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 3, p. 628–639, 2016.

BOTELLO SUÁREZ, W. A. et al. Predominance of syntrophic bacteria, Methanosaeta and Methanoculleus in a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket reactor treating coffee processing wastewater at high organic loading rate. **Bioresource Technology**, v. 268, n. July, p. 158–168, 2018.

CASTAÑEDA-AYARZA, J. A.; CORTEZ, L. A. B. Final and B molasses for fuel ethanol production and some market implications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, n. March 2015, p. 1059–1065, 2017.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental. UFMG, v. 5 2007.

DETMAN, A. et al. Biohydrogen and biomethane (Biogas) production in the consecutive stages of anaerobic digestion of molasses. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 26, n. 3, p. 1023–1029, 2017.

JANKE, L. et al. Comparison of start-up strategies and process performance during semi-continuous anaerobic digestion of sugarcane filter cake co-digested with bagasse. **Waste Management**, v. 48, p. 199–208, 2016.

MENG, X. et al. Methane production and characteristics of the microbial community in a two-stage fixed-bed anaerobic reactor using molasses. **Bioresource Technology**, v. 241, p. 1050–1059, 2017.

NDOBENI, A.; OYEKOLA, O.; WELZ, P. J. Organic removal rates and biogas production of an upflow anaerobic sludge blanket reactor treating sugarcane molasses. **South African Journal of Chemical Engineering**, 2019.

NOGUEIRA, M. A. F. DE S.; GARCIA, M. D. S. Gestão Dos Resíduos Do Setor Industrial Sucroenergético: Estudo De Caso De Uma Usina No Município De Rio Brilhante, Mato Grosso Do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3275–3283, 2015.

PRADO, R. D. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2013, n. Table 1, 2013.

SANTANA JUNIOR, A. E.; DUDA, R. M.; DE OLIVEIRA, R. A. Improving the energy balance of the industry of ethanol with methane production from vinasse and molasses in two-stage anaerobic reactors. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117577, 2019.
ÚNICA, União das Indústrias de Cana de Açúcar. Disponível em: http://www.unicadata.com.br/. Acesso em: 4 out. 2020.

WILKIE, A. C.; RIEDESEL, K. J.; OWENS, J. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, n. 2, p. 63–102, 2000.