

## AVALIAÇÃO DA CODIGESTÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM REATOR CONTÍNUO DE LEITO LIXIVIADO

Vittorio de Oliveira Pavan

Camila Abreu B. Silva Rabelo

Maria Bernadete A Varesche

vittoriopavan@usp.br

### Objetivos

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a produção de biocombustíveis, como hidrogênio (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e ácidos orgânicos voláteis (AOV), em reatores de leito lixiviado (RLL) utilizando bagaço de cana-de-açúcar (BCA) e vinhaça de cana-de-açúcar como substratos. Considerando a vasta disponibilidade destes resíduos no Brasil, essa estratégia pode ser de extremo interesse para a produção energética do país. Além disso, ao promover o aproveitamento de resíduos agroindustriais, esta estratégia pode diversificar a matriz energética brasileira, reduzindo a dependência de fontes fósseis e ampliando o uso das fontes renováveis e sustentáveis.

### Métodos e Procedimentos

O BCA foi utilizado como substrato em três condições distintas, BCA *in natura* (RLL 1), pré-tratado em reator hidrotérmico (RLL 2) e pré-tratado em reator hidrotérmico seguido de hidrólise enzimática (RLL 3).

Para o pré-tratamento hidrotérmico, o BCA foi submetido à 200 °C e pressão de 16 bar por 10 minutos (Soares et al., 2017). No pré-tratamento enzimático foi utilizado um coquetel de celulasas extraído de *Trichoderma reesei* RUT-C30, fornecido pelo Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM - Campinas). A otimização da hidrólise enzimática do BCA foi realizada a partir da aplicação de um

Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), com base nos parâmetros da relação dos fatores enzima-substrato (de 5 a 175 mg proteína/g BCA) e tempo de reação enzimática (de 7 a 41h). A concentração total de açúcares (Dubois et al., 1956) liberados após a hidrólise foi utilizada como resposta para obtenção da condição ideal.

Os RLL foram construídos em acrílico com três compartimentos de 7,4 cm de diâmetro, separados por malhas de aço com porosidade de 2 mm, e alturas verticais de 10 cm (câmara superior), 24 cm (central) e 32 cm (inferior). O líquido da câmara inferior era submetido a recirculação para a porção superior usando uma bomba, sendo aspergido sobre o substrato sólido no topo do reator. O efluente era coletado por uma saída na parte inferior do reator. A operação de cada RLL foi dividida em fase acidogênica seguida de metanogênica. A avaliação do biogás foi realizada por cromatografia gasosa (Araújo et al., 2023). Para as análises de AOV, utilizou-se Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Penteado et al., 2013).

### Resultados

#### Otimização enzimática

De acordo com a otimização estatística da hidrólise enzimática, observou-se que a quantidade de enzimas utilizada teve relação significativa com a liberação de açúcares. Por

outro lado, observou-se comportamento não linear em relação a influência do tempo de reação e a liberação de açúcares solúveis. Assim, a condição otimizada para a hidrólise foi identificada como sendo 27 mg proteína/g BCA e 24,7 h de reação.

### Operação dos reatores

Os valores da produção máxima de H<sub>2</sub>, potencial de produção de CH<sub>4</sub> e concentrações inicial e final de matéria orgânica (DQO), carboidratos totais (CHO) e ácidos orgânicos voláteis totais (AOV), relatados em todos os RLL estão incluídos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores dos parâmetros dos RLL

Parâmetros	RLL 1	RLL 2	RLL 3
Produção máxima H <sub>2</sub> (mL/L)	199,1	336,3	204,4
Potencial de produção CH <sub>4</sub> (mL/L)	190,3	412,5	159,8
DQO <sub>inicial</sub> (g/L)	12,5	7	24,5
DQO <sub>final</sub> (g/L)	2,1	2,3	14,8
CHO <sub>inicial</sub> (g/L)	2,1	2,9	15,2
CHO <sub>final</sub> (g/L)	0,2	0,3	1,8
AOV <sub>inicial</sub> (gAc/L)	12,3	7,5	24,3
AOV <sub>final</sub> (gAc/L)	0,4	1,7	12

### Conclusões

De acordo com os metabólitos produzidos, a operação dos três RLL foi associada a diferentes

rotas metabólicas. Em RLL 1, observou-se predominância de rotas de alongamento de cadeia, evidenciada pela maior produção de ácido valérico (0,2 g/L) e ácido capróico (2,9 g/L) durante a fase acidogênica. Em RLL 2, houve maior produção de biogás, tanto de hidrogênio (336,3 mL H<sub>2</sub>/L) e metano (412,5 mL CH<sub>4</sub>/L). No RLL 3, devido à alta concentração inicial de açúcares solúveis (15,2 g/L) devido à hidrólise enzimática do BCA, a conversão dos substratos resultou em maior produção de ácidos orgânicos voláteis, atingindo 24,3 g/L ao final da fase acidogênica. Os valores de conversão de CHO na fase acidogênica foram semelhantes nos 3 reatores, de 85,8, 91,3 e 88,2% para RLL 1, 2 e 3, respectivamente. Dessa forma, evidencia-se a versatilidade da operação de RLL na remoção de matéria orgânica, para geração de produtos de valor agregado, sejam ácidos orgânicos de cadeia longa, biogás ou ácidos orgânicos totais.

### Referências

- ARAUJO, M. N., VARGAS, S.R., SOARES, L. A., TRINDADE, L. F., FUESS, L. T., & ADORNO, M. A. (2023). Rapid method for determination of biogas composition by gas chromatography coupled to a thermal conductivity detector (GC-TCD). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-18.
- DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. T., & SMITH, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
- PENTEADO, E. D., LAZARO, C. Z., SAKAMOTO, I. K., & ZAIAT, M. (2013). Influence of seed sludge and pretreatment method on hydrogen production in packed-bed anaerobic reactors. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(14), 6137-6145.
- SOARES, L. A., BRAGA, J. K., MOTTERAN, F., SAKAMOTO, I. K., SILVA, E. L., & VARESCHE, M. B. A. (2017). Design and optimization of hydrogen production from hydrothermally pretreated sugarcane bagasse using response surface methodology. *Water Science and Technology*, 76(1), 95-105.