

III-26- Otimização da relação alimento/microrganismo em testes de potencial bioquímico de metano utilizando efluente de cervejaria como substrato

Ana Rosa Aon Cardoso Fernandes*¹

¹Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista

Yasmim Arantes da Fonseca²

¹Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto

Murillo Cardoso Torres³

⁴Químico industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto

Bruno Eduardo Lôbo Baeta⁴

⁴Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto

Endereço^(*): Laboratório de química tecnológica e ambiental – Universidade Federal de Ouro Preto, campus Morro do Cruzeiro 1. ana.aon@aluno.edu.ufop.br

RESUMO

O consumo de água pelo setor industrial é um dos principais responsáveis não apenas pela alta demanda desse recurso, mas também pela contaminação de corpos hídricos pela emissão dos seus efluentes após o processo de tratamento sem alcançar as devidas eficiências. O aporte de altas cargas orgânicas podem alterar a vida aquática e o ecossistema através do processo de eutrofização. Os processos biológicos são as principais técnicas aplicadas na remoção da carga orgânica em efluentes com altos valores de DQO, como é o caso do efluente de cervejaria. Dessa forma, a otimização de processos biológico pode assegurar uma maior eficiência dos processos de tratamento, podendo resultar em menores tempos de retenção hidráulica e até mesmo em redução de custos operacionais. Esse trabalho se propôs a otimizar as relações de alimento organismo em testes de BMP utilizando efluente de cervejaria como substrato. Foi possível observar que a carga orgânica interfere na otimização da produção de metano, adotado como variável respostas. O experimento A/M 0,13, com menor carga orgânica aplicada, apresentou uma produção acumulada de 75,82 N mL CH₄ g DQO⁻¹, seguido pelo A/M 0,25 com 57,9; A/M 0,5 com 50,4 e A/M 0,75 com 51,1 mL CH₄ g DQO⁻¹

PALAVRAS-CHAVE: Efluente de cervejaria, carga orgânica, BMP, biogás, alimento-microrganismo.

INTRODUÇÃO

O cenário cervejeiro vem ganhando destaque nos últimos anos, em especial pela fabricação de cerveja artesanal que aqueceu ainda mais o mercado (EUROPE ECONOMICS, 2020). Uma maior produção resulta em uma maior geração de passivos ambientais, que devem ser considerados e analisados de forma intrínseca. (BOCHMANN et al., 2015).

A escassez hídrica é também objeto de preocupação nas mudanças de paradigma de consumos de recursos ambientais. O “Summary Progress Update 2021: SDG 6 — water and sanitation for all” publicado pela ONU em julho de 2021 ressalta que o aquecimento global tende a aumentar a escassez de água, que no momento já afeta mais de 40% das pessoas no mundo. 2,2 bilhão de pessoas sequer tem acesso ao uso de água potável e as perdas relacionadas a água podem gerar uma redução nos valores de PIB de até 6% em determinadas regiões (UN-WATER, 2021).

Os dados alarmantes ressaltam a urgência de se adotar medidas mais robustas no que tange a gestão hídrica, a fim de lidar com os desafios de eventos climáticos e ambientais incertos (WEERASOORIYA et al; 2021). Nesse cenário, o item 6 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (2015) remete a necessidade de garantir o uso sustentável da água e a universalização do acesso ao saneamento até 2030. O tópico 6.3, ressalta de forma específica a necessidade de reduzir pela metade as emissões de efluentes não tratados assim como aumentar o reuso e reciclagem de água.

O uso industrial é o terceiro maior responsável mundial pelas captações de água, respondendo por 12% do total (UN-WATER, 2021). Sendo esse setor especialmente questionado ambientalmente não apenas por apresentar um alto consumo desse recurso, mas também pelas emissões nos corpos hídricos de poluentes, patógenos e nutrientes após seu uso (WEERASOORIYA et al; 2021).

Diversas alternativas para a gestão de resíduos cervejeiros e geração de energia a partir dos mesmos tem sido apresentada no meio acadêmico, assim como já vem sendo implementadas a nível de mercado (MUSSATO, 2014). A digestão anaeróbia extrapola o seu papel inicial de cumprir normas ambientais de descarte de resíduos e se torna uma alternativa chave no setor energético devido a produção do biogás, assim como também se apresenta como solução econômica viável na gestão de resíduos (BOCHMANN et al., 2015; ENITAN et al., 2015).

Dessa forma, otimizar as formas atualmente difundidas de tratamento de efluentes nesse setor é uma maneira fundamental de garantir a redução da emissão de carga orgânica que podem alterar os parâmetros hídricos estabelecidos pelas legislações, ao passo que também proporciona uma maior geração de energia pelos grupos de bactérias metanogênicas presentes no tratamento anaeróbico de efluentes. O objetivo desse trabalho se fundamentou em buscar o estabelecimento da melhor relação de alimento microrganismo em reatores anaeróbios tendo como variável resposta das condições analisadas a produção de biometano por g DQO alimentada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de amostras

O inóculo utilizado nos ensaios foi proveniente da ETE Arrudas, Belo Horizonte, MG. O lodo foi coletado, decantado e mantido em aquecimento de 35 °C para ambientação. O efluente de cervejaria foi cedido pela Ambev Jaguariúna, no município de mesmo nome no estado de São Paulo, a coleta foi realizada na entrada do sistema de tratamento de efluente da cervejaria e mantido em mantido sob congelamento (~ -10 ° C).

Caracterização

O efluente foi analisado de acordo com o teor de sólidos totais, voláteis e fixos (método 2540 G), assim como a DQO por refluxo aberto segundo a metodologia 5220 B., Standard methods. O nitrogênio total e carbono total foram determinados a partir do equipamento TOC-L CPH/CPN Shimadzu.

BMP

Os ensaios de BMP foram realizados em batelada e em frascos de 120 mL tenho 60 mL de volume útil e o restante de headspace. Os frascos foram inoculados em diferentes faixas de alimento/microrganismos, suplementados com solução nutriente (Baêta et al., 2016). Na sequência foi adicionado o efluente, o pH foi ajustado para 7 com bicarbonato de sódio. A produção de biogás foi monitorada até a estabilização, e a composição do gás medida por cromatografia gasosa (Shimadzu GC, modelo 2014 / TCD). Os frascos reatores serão incubados a 35°C, sob uma velocidade de agitação de 180 rpm em shaker orbital da marca Solab Científica (modelo SL 221).

RESULTADOS

A caracterização do efluente de cervejaria realizada reportou um valor de DQO de 20 g L⁻¹, TN de 20,3 mg L⁻¹ e TC de 1266 mg L⁻¹, o valor de nitrogênio se encontra abaixo da faixa reportada por Simate et al. (2011); Arantes et al (2017), que foi de 25 a 80 mg L⁻¹, enquanto os outros valores atendem essa faixa.

Tabela 1. Caracterização físico-química do efluente de cervejaria

Caracterização do efluente	
Sólidos Totais g g ⁻¹	0,0024
Sólidos Voláteis g g ⁻¹	0,0019
Sólidos Fixos g g ⁻¹	0,0007
Nitrogênio Total mg L ⁻¹	20,3
Carbono Total mg L ⁻¹	1266

DQO g L ⁻¹	20,069
-----------------------	--------

A relação alimento microrganismo representa a carga orgânica inicial aplicada com relação a quantidade de inóculos utilizada em um experimento. Usualmente essa carga orgânica em termos de gramas de sólidos voláteis ou em gramas de DQO. Para uma mesma entrada de inóculo, representado em gramas de sólidos voláteis do lodo anaeróbio utilizado nesse estudo, é importante destacar que quando se trabalha com efluente existe relevante diferença nos valores de A/M entre a adoção de SV ou g DQO como parâmetros (Figura 1).

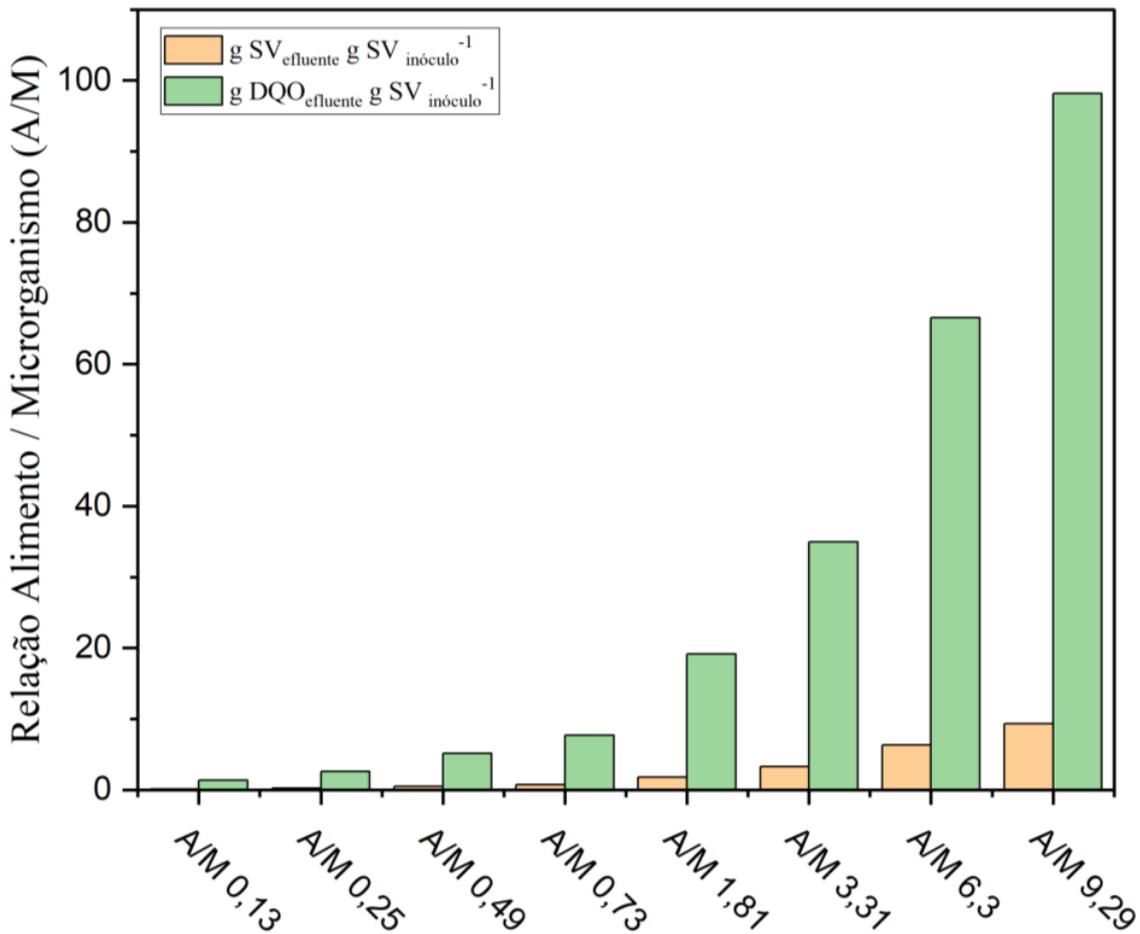


Figura 1 – Valores de alimento microrganismo utilizando diferentes parâmetros de entrada de carga orgânica

Os experimentos A/M 1,8; 3,3; 6,3; 9,3, com maiores valores da relação entre a carga orgânica e a quantidade inicial de inóculo, apresentaram um colapso do BMP após uma média de 6 dias de experimento, em decorrência de uma maior concentração de hidrogênio. Os experimentos A/M 0,75; 0,5; 0,25 e 0,13, embora tenham reportado nas leituras em cromatógrafo a presença e predominância de hidrogênio nos primeiros dias não resultaram no colapso do reator, iniciando em sequência a produção de metano (Figura 2).

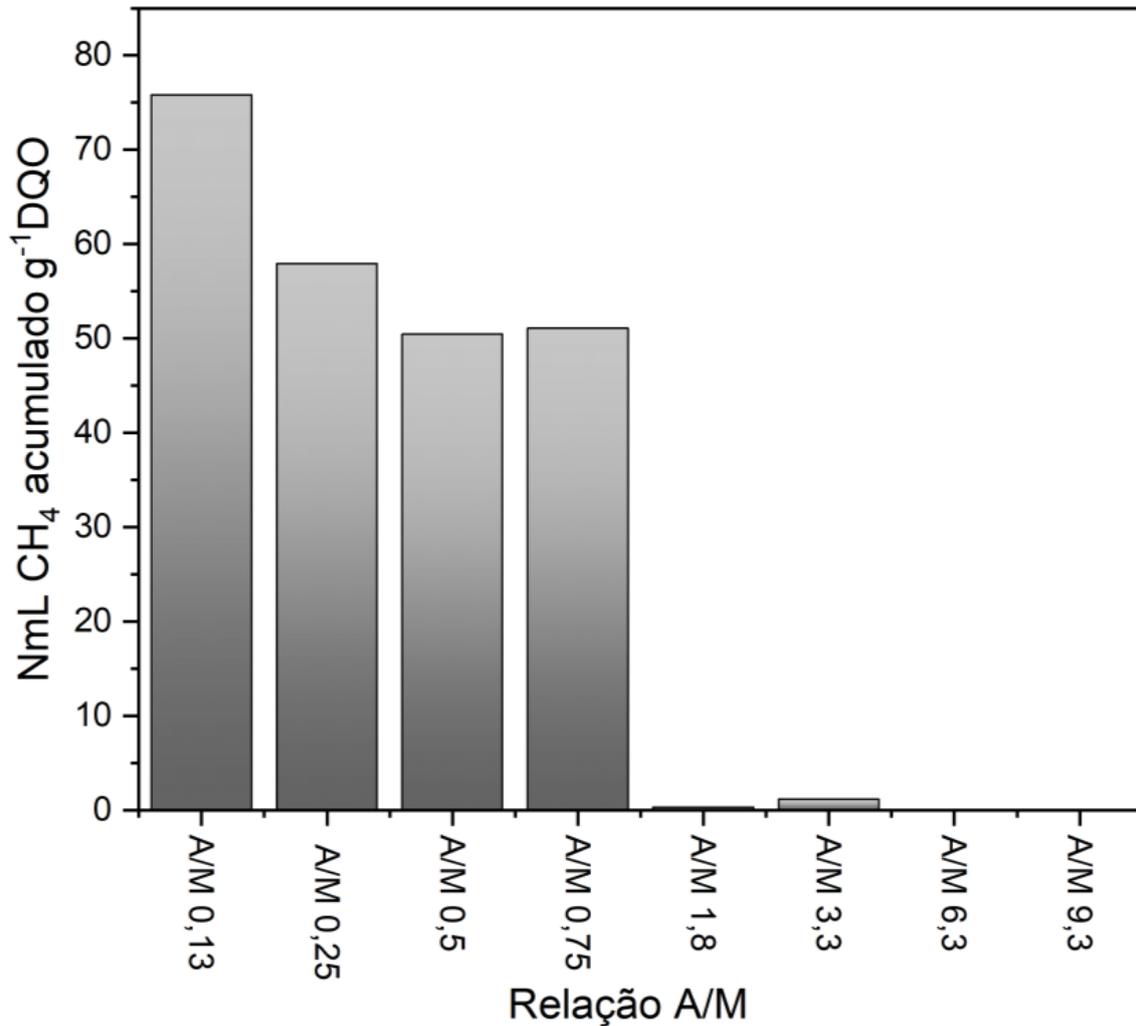


Figura 2 – Produção de metano acumulada por g DQO do efluente

produção apresentou diferença com as variações de carga orgânica aplicada. O experimento A/M 0,13, com menor carga orgânica aplicada, apresentou uma produção acumulada de 75,82 N mL CH₄ g DQO⁻¹, seguido pelo A/M 0,25 com 57,9; A/M 0,5 com 50,4 e A/M 0,75 com 51,1 mL CH₄ g DQO⁻¹ (Figura 3).

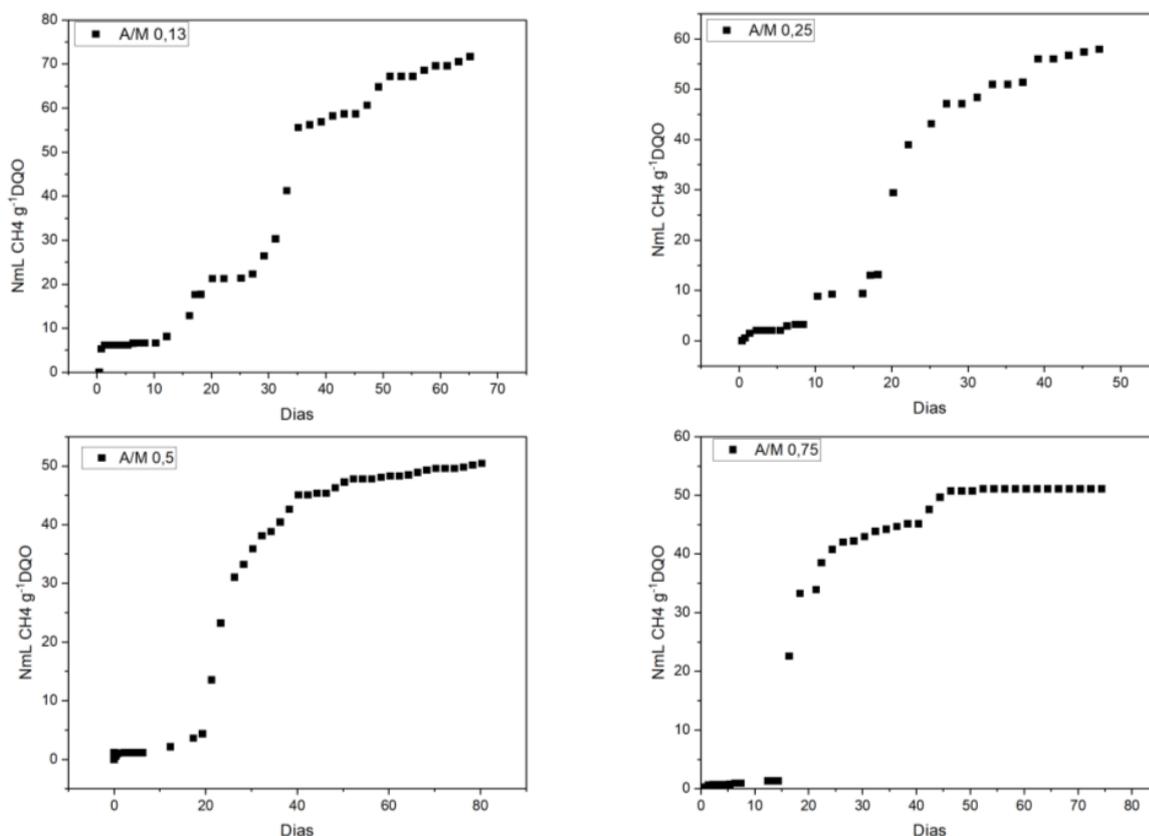


Figura 3 – Produção de biometano por g DQO de entrada

A utilização da relação A/M em experimentos de produção de biometano é fundamental na determinação dos parâmetros de entrada de substratos para propiciar a presença dos diferentes grupos de bactérias responsáveis pelas sequências de reações que resultaram na eficiente transformação de compostos orgânicos em biogás (ESKICIOGLU; GHORBANI, 2011). Os valores da relação de alimento microrganismo e produção de biometano apresentaram uma correlação negativa de $-0,75$, indicando uma relação inversamente proporcional, onde nos dados aqui analisados quando se aumenta a taxa orgânica de entrada do substrato com relação a quantidade de inóculo existe uma tendência de redução na produção de metano. Tal comportamento também foi observado por Adarme et al (2017) utilizando resíduos da indústria sucroalcooleira.

A fração alimento corresponde ao substrato que será degradado, geralmente expresso em termos de DQO ou de sólidos voláteis. Contudo, como observado nesse trabalho, para experimentos que atuam com codigestão entre substratos sólidos e efluente a escolha do parâmetro de entrada na alimentação deve preferencialmente se dar em termos de DQO. Embora os valores de sólidos voláteis da combinação do substrato e do efluente estivessem dentro dos parâmetros usualmente utilizados em experimentos de BMP, os valores de DQO extrapolam essa normalidade. Isso ocorre porque o efluente analisado apresenta baixos valores de sólidos voláteis, contudo, sua DQO é alta. Eskicioglu; Ghorbani, (2011) reportaram que em experimentos de BMP o aumento da concentração de substrato no início do processo de digestão pode resultar em uma sobrecarga do reator ou processo de inibição de substrato.

CONCLUSÕES

A água tem sido um fundamental recurso para o crescimento de indústrias, especialmente nas agroindústrias com relevante pegada hídrica, como é o caso das cervejarias. O consumo de cerveja vem aumentando ao longo

dos anos, conseqüentemente o volume de produção e a geração de resíduos desse processo. Um correto tratamento desses resíduos almejando o aproveitamento e valorização deles é fundamental para garantir a sustentabilidade dos processos. Devido a sua alta carga orgânica as abordagens biológicas são o principal enfoque para o tratamento de efluentes de cervejaria. Esse trabalho buscou analisar a relação alimento microrganismo como parâmetro de otimização da remoção de carga orgânica e conseqüente geração de biometano, sendo possível inferir que o aumento da carga orgânica em relação a quantidade de microrganismo pode resultar em um colapso do reator devido aos mecanismos de acidificação, prejudicando as comunidades bacterianas responsáveis pela seqüência de reações químicas necessárias a completa degradação do substrato. É importante destacar que para ensaios de BMP, como o utilizado nesse estudo, é importante estar atento aos parâmetros de entrada. Embora o efluente de cervejaria apresente baixo valor de sólidos voláteis a quantidade de DQO nesse resíduo deve ser considerada ao se estabelecer a carga orgânica inicial por meio da relação de alimento microrganismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADARME, Oscar Fernando Herrera; BAÊTA, Bruno Eduardo Lobo; LIMA, Diego Roberto Sousa; GURGEL, Leandro Vinícius Alves; AQUINO, Sérgio Francisco de. Methane and hydrogen production from anaerobic digestion of soluble fraction obtained by sugarcane bagasse ozonation. *Industrial Crops And Products*, [S.L.], v. 109, p. 288-299, dez. 2017.
2. ARANTES, Mabel Karina; ALVES, Helton José; SEQUINEL, Rodrigo; SILVA, Edson Antônio da. Treatment of brewery wastewater and its use for biological production of methane and hydrogen. *International Journal Of Hydrogen Energy*, [S.L.], v. 42, n. 42, p. 26243-26256, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.206>.
3. BOCHMANN, G.; DROSG, B.; FUCHS, W. Anaerobic Digestion of Thermal Pretreated Brewers' Spent Grains. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, Graz, v. 34, n. 4, p. 1092-1096, jul. 2015.
4. BRUST, Luís Armando C.; ARAGÃO, Ana Paula; BEZERRA JUNIOR, Pedro S.; GALVÃO, Alexandre; FRANÇA, Ticiania N.; GRAÇA, Flávio A.s.; PEIXOTO, Paulo V. Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, [S.L.], v. 35, n. 12, p. 956-964, dez. 2015.
5. ENITAN, Abimbola Motunrayo; ADEYEMO, Josiah; SWALAHA, Feroz Mahomed; BUX, Faizal. Anaerobic Digestion Model to Enhance Treatment of Brewery Wastewater for Biogas Production Using UASB Reactor. *Environmental Modeling & Assessment*, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 673-685, 7 maio 2015.
6. EUROPE ECONOMICS. The Contribution made by Beer to the European Economy: eu report. EU Report. 2020. Elaborado por The Brewers of Europe. Disponível em: <https://brewersofeurope.org/uploads/mycms-files/documents/publications/2020/contribution-made-by-beer-to-EU-economy-2020.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.
7. ESKICIOGLU, Cigdem; GHORBANI, Maryam. Effect of inoculum/substrate ratio on mesophilic anaerobic digestion of bioethanol plant whole stillage in batch mode. *Process Biochemistry*, v.