

## II-43- O Carga orgânica e o potencial da geração de biohidrogênio em efluentes de cervejaria

Ana Rosa Aon Cardoso Fernandes\*<sup>1</sup>

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

Yasmim Arantes da Fonseca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto

Murillo Cardoso Torres<sup>3</sup>

<sup>4</sup>Químico industrial pela Universidade Federal de Ouro Preto

Bruno Eduardo Lôbo Baeta<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto

**Endereço**<sup>(\*)</sup>: Laboratório de química tecnológica e ambiental – Universidade Federal de Ouro Preto, campus Morro do Cruzeiro I. [ana.aon@aluno.edu.ufop.br](mailto:ana.aon@aluno.edu.ufop.br)

### RESUMO

Os problemas relacionados às mudanças climáticas incentivam a busca por fontes de combustíveis renováveis. Se aproveitar de resíduos orgânicos que devem ser submetidos a tratamentos prévios para cumprimento de diretrizes legais na produção de biocombustíveis pode ser uma forma de valorização e aporte à redução do consumo de combustíveis fósseis. Efluentes de cervejaria apresentam alta carga orgânica e é um potencial recurso para a produção de biohidrogênio, um combustível limpo e renovável com potencial energético maior que o biometano. Esse trabalho se propôs explorar através dos testes de potencial bioquímico de hidrogênio a capacidade de produção desse biocombustível utilizando o efluente de cervejaria como alimento. Diferentes relações de alimento-microrganismo foram avaliadas a fim de obter os parâmetros que possibilitassem a melhor produção de biohidrogênio. O melhor resultado foi obtido para uma relação de alimento-microrganismo igual a 6, com 247 NmL de H<sub>2</sub> por g SV do substrato.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluente de cervejaria, biohidrogênio, BHP, biocombustível.

### INTRODUÇÃO

O consumo e disponibilidade de energia são fatores de influência direta sob o desenvolvimento socioeconômico em qualquer país (KUMAR et al., 2020). A crescente evolução produtiva e tecnológica pós-revolução industrial fomentou a busca por fontes de alto poder calorífico que fossem capazes de fornecer o aparato energético aos meios de produção. O aumento populacional em proporções geométricas intensificou a necessidade desse consumo (IPCC, 2018).

O grande desafio dessa contextualização do setor produtivo reside no fato de a matriz energética mundial ter ainda forte participação de fontes não renováveis, amplamente conhecidas pelo seu potencial poluente assim como por seu caráter finito (BAËTA et al., 2016). O setor cervejeiro produz relevante volumes diários de efluente industrial que a fim de atender a legislação ambiental necessita ser submetido a um tratamento antes do descarte em corpo hídrico. Devido aos altos valores de carga orgânica o tratamento aplicado é biológico (AMBEV, 2021).

É fundamental repensar as políticas de fornecimento e consumo de energia limpa em toda os setores da economia, indústria, produção e consumo, assim como na infraestrutura em grande escala, transporte, alimentação e agricultura, construção, tributação e benefícios sociais. Em prol do restabelecimento desses padrões e objetivos é essencial estimar o uso sustentável dos recursos e o consequente equilíbrio e benefícios dos serviços ecossistêmicos (EUROPEAN COMMISSION, 2019).

A capacidade de produção de biogás através da biodegradação anaeróbia em efluentes de cervejaria pode ser afetada por características como a concentração e composição do afluente, temperatura durante a operação, tempo de retenção hidráulica, taxa de carregamento orgânico e pH (ENITAN et al., 2015). Dessa forma, esse

trabalho buscou avaliar como a relação alimento-microrganismo pode interferir na produção de biohidrogênio a partir de efluente de cervejaria. Portanto, esse trabalho se propôs a avaliar diferentes relações do parâmetro alimento microrganismo na degradação de matéria orgânica, proveniente de efluente de cervejaria, durante a fase de hidrólise tendo a produção de biohidrogênio como variável resposta no processo.

## 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.

### BHP

Os testes de potencial de produção de hidrogênio foram desenvolvidos em bateladas. Em frascos de 120 mL inicialmente se acrescentou o inóculo, seguido do efluente até completar a marca de 60 mL de volume útil. O pH foi ajustado para 7 utilizando bicarbonato de sódio como reagente. Os frascos foram purgados com gás nitrogênio, vedados e colocados em shaker sem iluminação com temperatura mesofílica de 35 °C e em rotação de 150 rpm. A quantidade de inóculo variou de acordo com as diferentes relações de carga orgânica acrescentadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de relação A/M aplicados nos experimentos de BHP

| Amostra | Relação A/M em termos de g SV<br>efluente g SV <sup>-1</sup> <sub>inóculo</sub> |
|---------|---|
| AM015   | 0,15  |
| AM025   | 0,25  |
| AM050   | 0,5   |
| AM075   | 0,75  |
| AM175   | 1,75  |
| AM325   | 3,25  |
| AM600   | 6   |
| AM900   | 9   |

A produção de biogás foi acompanhada diariamente primeiramente através da medição de pressão utilizando um manômetro. Em seguida, um volume de 5 ml do biogás foi extraído do frasco e analisado por cromatografia gasosa (Shimadzu GC, modelo 2014 / TCD), onde através da área do hidrogênio obtida pelo cromatograma foi possível determinar o volume de produção do gás em cada amostra. Os experimentos foram encerrados após cinco dias sem produção de gás.

## RESULTADOS

O aumento da produção de biohidrogênio não apresentou uma relação linear com as variações da relação alimento microrganismo. A maior produção acumulada de gás após 177 horas de experimento foi na condição de A/M igual a 6, com 247 NmL de H<sub>2</sub> por g SV do substrato, que não é maior relação A/M. O menor valor de produção pertencente ao experimento com A/M igual a 0,25, que também não é o menor valor de A/M aqui analisado (Figura 1). Quando se descarta os dois pontos extremos do experimento AM015 e AM900, com menor e maior relação A/M respectivamente, é possível observar um comportamento em que a maior relação A/M resulta em uma maior produção de gás hidrogênio.

Os resultados obtidos nesse estudo foram superiores aos de Sganzerla et al (2022), que analisando a fermentação acidogênica e produção de biohidrogênio a partir de efluente de cervejaria, obteve uma produção

de 25,11 mL H<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> SV. Vale destacar que os autores optaram por trabalhar com pH inicial de 5 e condições termofílicas. Nesse trabalho adotou-se um pH inicial de 7, já que parte de alcalinidade do substrato seria consumida pelo processo de digestão. Corroborando com esse fato, Boboescu et al. (2014) demonstrou que a variação do pH possui significância direta na produção de biohidrogênio, onde valores com menor acidez e mais próximos da neutralidade representam uma maior produção de hidrogênio.

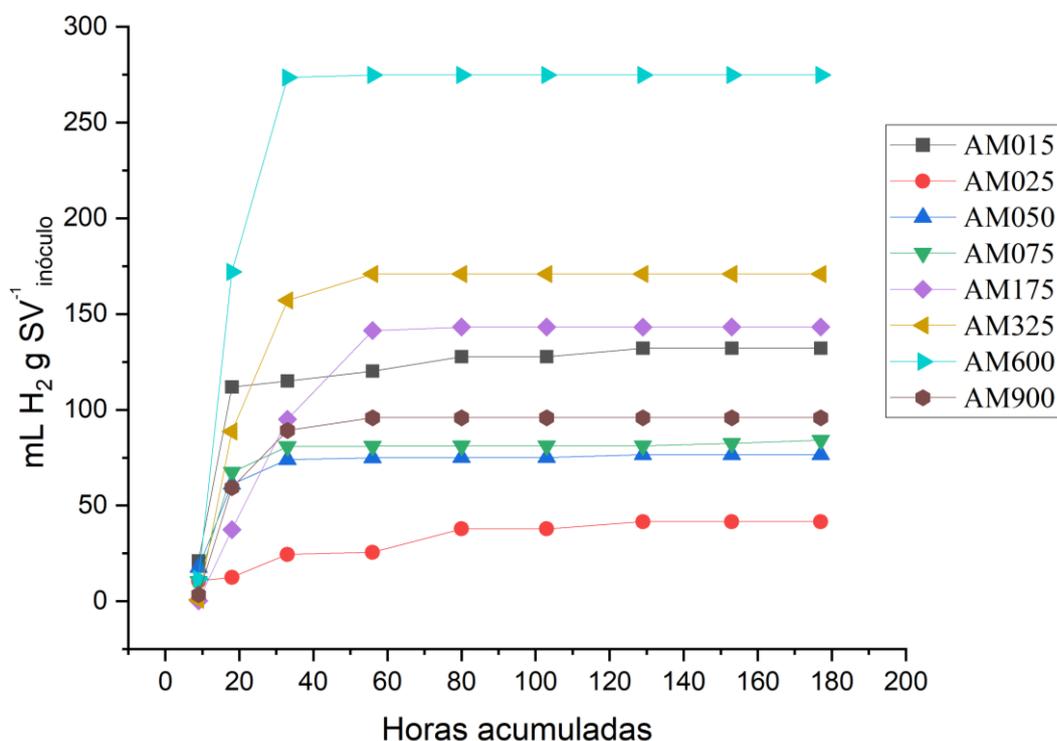


Figura 1 – Produção acumulada de hidrogênio de acordo com as diferentes relações alimento/microrganismo.

No caso dos experimentos com maiores relações de alimento microrganismo AM175, AM325, AM600 e AM900 foi observado após a produção de biohidrogênio um colapso do reator, resultando na ausência de pressão pela produção de gases. De acordo com Sežun et al. (2011) quando existe um acúmulo de inibidores ou valores baixos de pH ocorre uma inibição das bactérias metanogênicas, fazendo com acetato e H<sub>2</sub> se acumulam no sistema e inibindo na sequência as bactérias acetogênicas, resultando em acúmulo de ácidos graxos de cadeia curta e uma maior diminuição do pH, resultando no colapso do reator. Quando se trabalha com variações da relação A/M a quantidade de microrganismos varia, tendo reatores com maior e menor concentração de inóculo. Segundo Arantes et al. (2020) quando a densidade de inóculo está baixa no reator o equilíbrio entre a proliferação da biomassa e sua diluição no reator fica restrita, favorecendo a diminuição da concentração de microrganismo ao longo do tempo.

Embora o experimento AM600 tenha apresentado uma maior produção acumulada de biohidrogênio, a metodologia não se aplica para um reator operado em um único estágio objetivando a produção não somente de biohidrogênio e metano. Quanto ao período de produção, Arantes et al (2020) reportou uma produção de 5 a 7 dias de biohidrogênio utilizando efluente de cervejaria como substrato. Nesse estudo em nenhum dos cenários analisado a produção de hidrogênio excedeu 7 dias.

## CONCLUSÕES

Foi possível observar que as características físico-químicas do efluente de cervejaria fazem desse um potencial resíduo para produção de biohidrogênio e que a otimização de alimento-microrganismo interfere substancialmente na capacidade de produção desse biocombustível. Recomenda-se estudos que avaliem diferentes valores de pH inicial na produção de hidrogênio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBEV. Ações Climáticas. 2021. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sustentabilidade/acoes-climaticas/>. Acesso em: 10 ago. 2021
2. ARANTES, Mabel Karina; SEQUINEL, Rodrigo; ALVES, Helton José; MACHADO, Bruna; FIORINI, Adriana; SILVA, Edson Antônio da. Improvement of biohydrogen production from brewery wastewater: evaluation of inocula, support and reactor. *International Journal Of Hydrogen Energy*, [S.L.], v. 45, n. 8, p. 5216-5226, fev. 2020.
3. BAÊTA, Bruno Eduardo Lobo; LIMA, Diego Roberto Sousa; BALENA FILHO, José Gabriel; ADARME, Oscar Fernando Herrera; GURGEL, Leandro Vinícius Alves; AQUINO, Sérgio Francisco de. Evaluation of hydrogen and methane production from sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysates by two-stage anaerobic digestion process. *Bioresource Technology*, [S.L.], v. 218, p. 436-446, out. 2016.
4. BOBOESCU, Iulian Zoltan; ILIE, Mariana; GHERMAN, Vasile Daniel; MIREL, Ion; PAP, Bernadett; NEGREA, Adina; KONDOROSI, Éva; BÍRÓ, Tibor; MARÓTI, Gergely. Revealing the factors influencing a fermentative biohydrogen production process using industrial wastewater as fermentation substrate. *Biotechnology For Biofuels*, [S.L.], v. 7, n. 1, 24 set. 2014.
5. BRASIL. Talita Delgrossi Barros. Embrapa. Bio-hidrogênio. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/bio-hidrogenio>. Acesso em: 01 nov. 2022.
6. 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
7. EUROPEAN COMMISSION. The European Green Deal nº COM (2019) 640 final, de 11 de dezembro de 2019. Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. Brussels, Disponível em: [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf). Acesso em: 23 abr. 2021.
8. KUMAR, Bikash; BHARDWAJ, Nisha; AGRAWAL, Komal; CHATURVEDI, Venkatesh; VERMA, Pradeep. Current perspective on pretreatment technologies using lignocellulosic biomass: an emerging biorefinery concept. *Fuel Processing Technology*, [S.L.], v. 199, p. 106244-000, mar. 2020.
9. SGANZERLA, William Gustavo; SILLERO, Leonor; FORSTER-CARNEIRO, Tânia; SOLERA, Rosario; PEREZ, Montserrat. Determination of Anaerobic Co-fermentation of Brewery Wastewater and Brewer's Spent Grains for Bio-hydrogen Production. *Bioenergy Research*, [S.L.], 5 jul. 2022.