



Proposição de um sistema de tratamento de efluentes para microcervejaria visando o aproveitamento energético

PROPOSAL OF BREWERY WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AIMING BIOGAS PRODUCTION

Ana Paula Miola Perin¹, Marcelo Bortoli², Marina Celant De Prá²

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi realizar o estudo e dimensionamento do melhor biodigestor como parte de um processo de tratamento de resíduos de uma microcervejaria do Sudoeste do Paraná, visando um eficiente aproveitamento energético através da produção do biogás. Para tanto, foram coletadas amostras de resíduos de uma microcervejaria localizada no município de Dois Vizinhos. As amostras foram caracterizadas físico-quimicamente. Além disso, com uma pesquisa bibliométrica, descreveu-se o potencial bioquímico de biogás (PBB) e de metano (BMP) dos resíduos oriundos da indústria cervejeira. Em seguida, com os dados obtidos, foi dimensionado um biodigestor para três modelos distintos (BLC, CSTR e UASB), seus custos e viabilidade de construção para definição do modelo mais adequado a microcervejaria. Foi possível dimensionar e descrever o volume e capacidade de cada biodigestor, sendo que o modelo CSTR se mostrou mais vantajoso para este projeto com volume de 37,5 m³, um custo aproximado de R\$207.030,00, e um retorno de investimento após 10 anos de implantação de 1.285,28 reais.

Palavras-chave: Biogás, digestão anaeróbia, resíduos cervejeiros.

ABSTRACT

The objective of this study was to calculate the biodigester dimensioning as part of a brewery wastewater treatment process in the Southwest of Paraná, aiming an efficient use of energy through the biogas production. The brewery wastewater samples were collected from an industry located in the southwest of Paraná. The samples were analyzed and characterized by the physic-chemical concentration. In addition, using a bibliometric research, the biochemical potential of biogas (BPB) and methane (BMP) residues in brewing industry were researched. The biodigester was designed and calculated for three different models (BCL, CSTR and UASB), their costs and construction feasibility to choose the most suitable for the brewery industry. It was possible to dimension and calculate the volume and capacity of each biodigester and the most suitable and feasible model for the studied scenario and for the brewery implantation was the CSTR, with a working volume of 37.5 m³, cost of R\$207,030.00 and investment return after 10 years from implementation of R\$1,285.28.

Keywords: Biogas, anaerobic digestion, brewer's waste.

1 INTRODUÇÃO

* Engenharia de bioprocessos e biotecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos.

¹ Engenharia de bioprocessos e biotecnologia, Dois Vizinhos, Brasil; @anamiola54@gmail.com

² Engenharia de bioprocessos e biotecnologia, Dois Vizinhos, Brasil; @marinacdepra@gmail.com

³ Engenharia de bioprocessos e biotecnologia, Dois Vizinhos, Brasil; @marcelobortoli@utfpr.edu.br



O Brasil é o terceiro país com maior consumo de cerveja no mundo, nos últimos anos, o mercado cervejeiro no Brasil teve um expressivo crescimento impulsionado pela valorização das cervejarias artesanais. Nos últimos três anos podemos observar um crescimento de 50% em número de novas cervejarias, atingindo a marca de 1383 cervejarias no ano de 2020 (MARCUSO; MÜLLER, 2018; MAPA, 2020).

Esses dados revelam que, mesmo em meio à crise mundial em virtude da Pandemia ocasionada pelo COVID-19, o mercado brasileiro de cerveja artesanal está em constante crescimento. No Paraná, as cervejarias chegaram a 146 novas indústrias, sendo um crescimento médio de 30,4% no último ano (MAPA, 2020). Grande parte deste avanço deve-se a expansão das microcervejarias, que é um empreendimento com caráter mais intimista que vem ganhando espaço e fidelizando clientes. A produção apresentada por elas explora um mercado cujo nicho visa atender o público que busca qualidade e tradição, através de um produto diferenciado com foco na experiência do cliente.

Com o aumento das microcervejarias, aumenta-se também a demanda por insumos e conseqüentemente a geração de efluentes. A base da matéria-prima das cervejarias na sua maioria é composta de produtos orgânicos, como malte, lúpulo e fermento. Além disso, durante as etapas de produção de cerveja, uma grande quantidade de água é requisitada. Estima-se que para cada 1 L de cerveja produzido, sejam utilizados de 4 a 10 L de água potável. Em um sistema global, levando em consideração entradas e saídas, para cada 10 L de cerveja produzida, são gerados aproximadamente 80 L de efluentes (FILLAUDEAU; BLANPAIN-AVET; DAUFIN, 2006, p. 463–471).

Quando não dispostos corretamente, esses efluentes podem causar a contaminação da água e do solo e trazer outros impactos ambientais, como a disseminação de microrganismos, a eutrofização de ambientes, além da emissão de gases como odor desagradável, atração de vetores, dentre outros problemas. Sendo assim, o correto uso da água e tratamento adequado dos seus resíduos, surgem como grande obstáculo para as cervejarias, principalmente em função da dificuldade de incorporação dos custos de tratamento e disposição final dos mesmos (SIMATE et al., p. 235–247, 2011).

Qual seria a alternativa mais viável para esse tipo de problema? Dentre as tecnologias disponíveis para tratamento desses efluentes, a digestão anaeróbia desponta como uma alternativa promissora, pois além de degradar os poluentes orgânicos de elevado potencial poluidor, é capaz de gerar biogás, que é uma energia renovável. Por isso, a produção de biogás pode ser uma excelente maneira de aproveitar o potencial energético desse substrato, além de contribuir com o tratamento do efluente em questão e de reduzir a emissão de gases do efeito estufa e gastos com a compra externa de energia. Para isso, se faz necessário o estudo específico e pontual da microcervejaria e dos resíduos gerados por ele.

Assim, essa pesquisa se propôs a conhecer a dinâmica de operação de uma microcervejaria identificando os processos geradores de resíduos, bem como realizar a caracterização do mesmo e estudar projeções dimensionais de biodigestores para aplicação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia Ambiental e Alimentos (LABIA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) no Câmpus Dois Vizinhos. As amostras de resíduos foram coletadas nas etapas geradoras de efluentes no processo de produção de cerveja em uma microcervejaria, a qual foi a base deste estudo. A microcervejaria localiza-se no município de Dois Vizinhos-PR, o



empreendimento possui uma produção média de 16.000 L. mês⁻¹ de cerveja e possui como principal estilo de produção a cerveja Pilsen.

Para a produção de 500 L da cerveja Pilsen, são inicialmente necessários 410 L de água potável, 136 kg de malte, 0,48 kg de lúpulo e 0,10 kg de fermento biológico. Para a pesquisa, foram coletados 500 mL de amostra das águas residuais obtidas em diferentes etapas do processo produtivo, as amostras foram transferidas para um recipiente de maior volume e então as amostras foram mantidas sob refrigeração no laboratório. A partir disso procedeu-se com a caracterização físico-química do efluente coletado através de análises de: sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF), sólidos voláteis (SV), potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade, nitrogênio amoniacal (N-NH₃), sólidos sedimentáveis (SS e Demanda Química de Oxigênio (DQO)). Todas as metodologias e técnicas analíticas realizadas segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA,2017).

A partir dos resultados obtidos na caracterização físico-química do efluente coletado, atrelado a caracterização da microcervejaria, volume de geração de efluente e espaço disponível, os seguintes modelos de biodigestores foram considerados para dimensionamento: Biodigestor de Lagoa Coberta (BLC); Reator de Fluxo Ascendente com Manta de Lodo (UASB) ou do inglês Upstream Anaerobic Sludge Blanket (UASB) e Reator de Fluxo e Agitação Contínuos ou Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR). As equações 1, 2 e 3 apresentam os cálculos aplicados para estimar o volume dos biorreatores:

$$V = \frac{Q \times S_o}{COV} \quad (1)$$

$$V_{liq} = V_f - V_i \quad (2)$$

$$S_o = \frac{sv_{liq} \cdot V_{liq} + sv_{so} \cdot V_{so}}{V_{liq} \cdot V_{so}} \quad (3)$$

Para a avaliação da viabilidade econômica da implantação do biodigestor foi realizada uma pesquisa de preços com empresas que comercializam os itens necessários e aplicada a Equação 4 para obter o Valor Presente Líquido (VPL).

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \quad (4)$$

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises realizadas, bem como as informações a respeito dos parâmetros avaliados, quantificados e caracterizados a partir das amostras do efluente coletadas na microcervejaria. É possível notar a quantidade expressiva de matéria orgânica (DQO) e o alto grau de biodegradabilidade do efluente em questão, expresso pelos valores de SV/ST, cuja relação é de 0,96, o que indica que da totalidade de sólidos presente nos resíduos da cervejaria, aproximadamente 96% são compostos orgânicos.

Tabela 1. Caracterização dos parâmetros provenientes do efluente analisado.

Parâmetro	Amostra Líquido + Sólido
-----------	-----------------------------



Sólidos Totais (ST)	99,50 g.L ⁻¹
Sólidos Voláteis (SV)	95,30 g.L ⁻¹
Sólidos Fixos (SF)	4,20 g.L ⁻¹
Sólidos sedimentáveis (SS)	0,06 g.L ⁻¹
pH	5,94
Alcalinidade Total	183 mg CaCO ₃ . L ⁻¹
Nitrogênio Amoniacal	< 0,2
Demanda química de oxigênio (DQO)	25.06, 2 mg O ₂ . L ⁻¹
Potencial bioquímico de metano (PBM)	429 mlCH ₄ .gSV ⁻¹ *
Capacidade de geração de biogás	1,3 - 8,7 L d ⁻¹ *

Fonte: Vitanza *et al.* (2016) e Veroneze (2019)

A partir dos dados obtidos, foram analisados cenários de uso de três diferentes modelos de biodigestores (UASB, BLC e CSTR), a fim de dimensionar e apontar o biodigestor com maior potencial de uso no processo de tratamento de resíduos da microcervejaria em estudo. A produção de cerveja da microindústria é de 16000 L.mês⁻¹, sendo este o valor utilizado para realizar uma estimativa preliminar do aproveitamento energético por meio da produção do biogás, através do fermento residual do processo de produção de cerveja.

Para gerar as estimativas a respeito dos biodigestores, foram considerados os seguintes parâmetros: vazão de substrato (Q), concentração de sólidos voláteis no substrato (S₀), Carga orgânica volumétrica (COV), Volume útil (V_{liq}), em que se tomou por base os resultados observados no estudo valores e equações contidos na literatura (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, p.209, 2019). Chegou-se ao valor de vazão de substrato de 105,27 m³.dia⁻¹ com uma concentração de sólidos voláteis no substrato de 20,58 g.L⁻¹, calculado a partir do volume gerado na indústria (184000 L.dia⁻¹, por dia de produção, sendo produzido 4 dias na semana). Calculando uma média diária, chega-se no valor de vazão de 105,27 m³ d⁻¹. Também, foi estimado o volume produzido de sólidos resultando no valor 936,5 L. Já o valor de carga orgânica volumétrica foi considerado 0,5 kgsv.m⁻³.d⁻¹ seguindo informações levantadas por meio de pesquisa bibliográfica. Dessa forma, os volumes de cada um dos biodigestores dimensionados estão na tabela 2.

Tabela 2- Valores do volume dos biodigestores dimensionados.

Volume (m3)	Modelo de Biodigestor
5.416,5	UASB
4.333,2	BLC
37,5	CSTR

Fonte: Autoria própria (2021).

De acordo com os resultados encontrados para os volumes dos biodigestores, percebe-se a capacidade demandada para suprir o tratamento dos resíduos do processo de produção, apresentando valores elevados de volume para os modelos UASB e BLC, tornando a implantação deles para a microcervejaria situada no perímetro urbano da cidade de Dois Vizinhos. Por isso, considerando volume encontrado para o biodigestor



CSTR e considerando a capacidade do mesmo em suportar maiores volumes de sólidos em comparação aos demais modelos observados, considera-se o mesmo o ideal para implementação no estudo de caso em questão.

É importante ressaltar que, respeitando o limite de operação do CSTR (10% de sólidos) foi adotado um fator de segurança e o dimensionamento do biodigestor foi calculado com 8% de sólidos, consistindo em uma quantidade de 1884,70 L a ser acrescentado no biodigestor para que o limite de operação seja respeitado. Assim, parte do efluente líquido será descartado em esgoto doméstico, visto que a empresa possui licença sanitária para a realização desse descarte.

O modelo de biodigestor CSTR consiste em um tanque de agitação que mantém o conteúdo em homogeneização e demanda uma tecnologia mais complexa por ser automatizado e por isso é extremamente vantajoso e eficiente quando há a intenção de se comercializar o biogás produzido. Esses modelos costumam ser integrados pelos seguintes componentes: Sistema de alimentação: responsável pelo carregamento do substrato do local de estocagem até o biodigestor; Sistema de agitação: otimiza a produtividade do biogás e pode ser com tecnologia mecânica, hidráulica ou pneumática.

Foi considerado um o acréscimo de 50% do valor total dos custos referente à mão de obra, mais os acessórios (tubos e conexões), para estimar o investimento inicial. O levantamento dos valores unitários para cada item necessário para a construção do biodigestor CSTR foi realizado. A partir desses valores, chegou-se no custo inicial de implantação do CSTR na microcervejaria, totalizando R\$ 207.630,00. Com base nos custos e no Fluxo de Caixa que possui valor de 34.000,00, sendo estas informações obtidas junto à microcervejaria, foi possível determinar o Valor Presente líquido do projeto de implantação considerando um período de 10 anos. Após o cálculo deste indicador considerando os parâmetros já citados, chegou-se ao um VPL de R\$1.285,28, sendo este maior que zero, indicando a viabilidade de implantação do projeto na microcervejaria.

3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados encontrados com o desenvolvimento das metodologias adotadas foi possível dimensionar e descrever o volume e capacidade de três diferentes configurações de biodigestor, sendo que o modelo CSTR se mostrou mais vantajoso para o efluente da microcervejaria em estudo. O volume do biodigestor teria 37,5 m³, com um custo aproximado de R\$207.030,00, e um retorno de investimento após 10 anos de implantação de R\$1.285,28. Esse modelo possui uma alta capacidade de suportar grandes cargas de sólidos, tal resíduo que é abundante na microcervejaria. Além disso, a implantação do biodigestor permitirá a utilização do biogás como fonte de energia térmica na microcervejaria, e também, dentro de um novo estudo de viabilidade, como conversão a energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Biotecnologia Ambiental e Alimentos (LABIA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, pelo suporte analítico durante a realização deste trabalho.



REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **American Public Health Association**, v. 23, 2017.
- DIAS, J.; LOPES, W. S.; QUEIROZ, M.B.; OLIVEIRA, M. J.D.; BENTO, E. R. Comportamento do pH e da alcalinidade no processo de digestão anaeróbia de efluentes oleosos. **Entequi**, v. 2, 2008.
- FILLAUDEAU, L.; BLANPAIN-AVET, P.; DAUFIN, G. Water, wastewater and waste management in brewing industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 5, 2006.
- KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019.
- MARCUSSO, E. F.; MULLER, C.V. **Anuário da cerveja no Brasil 2018**: Crescimento e inivação. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018>.
- OLIVEIRA, J. V.; ALVES, M. M.; COSTA, J. C. Biochemical methane potential of brewery by-products. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 20, 2018.
- RAO, G. A.; REDDY, S. K.; PRAKASH, S. S.; VANAJAKSHI, J.; JOSEPH, J.; SARMA, P. N. pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: a case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber. **Bioresource Technology**, v.98, p 2131-2136, 2007.
- SILVA, F. P. **Avaliação da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de frigorífico** – um estudo de caso em Rio Claro, SP. 2011. 126f. Monografia (Bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, 2011.
- SIMATE, G. S.; CLUETT J.; IYUKE, S. E; MUSAPATIKA, E. T.; NDLOVU, S.; WALUBITA, S. F.; ALVAREZ, A. E. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. **Desalination**, v. 273, n. 3, 2011.
- VERONEZE, M. L. **Avaliação da produção de biogás a partir de água residuária de cervejaria**. 2019. 75f. Dissertação (Mestrado) Mestrado em Engenharia em Energia na Agricultura - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2019.
- VITANZA, R.; CORTESI, A.; GALLO, V.; COLUSSI, I.; M. E. DE ARANA-SARABIA, M. E. de. Biovalorization of brewery waste by applying anaerobic digestion. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, n. 3; v. 30, 2016.