



AVALIAÇÃO DO GRAU DE REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA NA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS ALIMENTARES

Anderson Gabriel Corrêa (*), Renan de Freitas Santos, Bruno Piedras da Silveira, Bruno Müller Vieira, Willian César Nadaleti

* Universidade Federal de Pelotas - andersoncorrea560@gmail.com

RESUMO

Com o grande crescimento populacional, os avanços no desenvolvimento econômico, tendo como respostas o aumento de renda e melhoria nos padrões de vida da população, resultam em grandes problemas ambientais. A intensa geração de resíduos sólidos é um deles. O seu gerenciamento é encarado por todas as partes da população envolvida como um grande desafio para o desenvolvimento sustentável. Em especial, os resíduos sólidos orgânicos, que não podem ser reutilizados nem reciclados, dispendo como destinação ambientalmente correta a sua recuperação para bioenergia. Por outro lado, no setor de grãos, o arroz também é responsável por elevada geração de resíduos sólidos e líquidos, que devem ser tratados antes de serem dispostos no ambiente, por conterem compostos orgânicos e inorgânicos que podem acarretar em poluição no ambiente. Sendo assim, uma técnica para o tratamento desses resíduos é a digestão anaeróbia, onde uma comunidade de bactérias degradam a matéria orgânica presente, tendo como produto biogás e o digerido, rico em nutrientes que pode ser usado como fertilizante no solo. E com o intuito de melhorar o rendimento do processo, emprega-se uma variedade de resíduos, denominado codigestão anaeróbia. O objetivo do estudo foi avaliar o grau de remoção de matéria orgânica na codigestão de resíduos sólidos orgânicos e efluente de beneficiamento de arroz. Foi possível observar que a amostra RE35 obteve média de remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e 92,17%, cujo reator operou a 35 °C, contendo resíduos sólidos orgânicos, efluente e lodo. A amostra R22 por sua vez a temperatura de 22 °C com resíduos sólidos orgânicos e lodo alcançou 51,61% de remoção de DQO. Portanto, um dos principais parâmetros a serem analisados no processo de digestão anaeróbia é a DQO, pois através dela podemos analisar o quanto de matéria orgânica foi removida no processo e consequentemente a geração de biogás.

PALAVRAS-CHAVE: biogás, codigestão anaeróbia, resíduos orgânicos, efluente de arroz, DQO

ABSTRACT

With the current large population, advances in economic development, with responses to increased income and improved living standards of the population, result in major environmental problems. The intense generation of solid waste is one of them. Its management is seen by all parts of the population involved as a major challenge for sustainable development. In particular, organic solid waste, which cannot be reused or recycled, disposing of its recovery for bioenergy as an environmentally correct destination. On the other hand, in the grain sector, rice is also responsible for high generation of solid and liquid waste, which must be treated before being disposed of in the environment, as they contain organic and inorganic compounds that can cause pollution in the environment. Thus, a technique for the treatment of these waste is anaerobic digestion, where a community of bacteria degrade the organic matter present, with the product biogas and the digested, rich in nutrients that can be used as fertilizer in the soil. And in order to improve the yield of the process, a variety of waste is used, called anaerobic codigestion. The objective of the study was to evaluate the degree of removal of organic matter in the codigestion of organic solid waste and rice processing effluent. It was possible to observe that the RE35 sample obtained an average removal of Chemical Oxygen Demand (COD) and 92.17%, whose reactor operated at 35 °C, containing organic solid waste, effluent and sludge. The sample R22 in turn at a temperature of 22 °C with organic solid waste and sludge reached 51.61% COD removal. Therefore, one of the main parameters to be analyzed in the anaerobic digestion process is COD, because through it we can analyze how much organic matter was removed in the process and, consequently, the generation of biogas.

KEY WORDS: biogas, anaerobic codigestion, organic waste, rice effluent, COD



INTRODUÇÃO

O grande crescimento econômico e populacional, juntamente com o aumento de renda e dos padrões de vida da população, estão contribuindo para o aumento da geração de resíduos sólidos, principalmente nos países emergentes (MINGHUA et al., 2009). Uma parte desses resíduos pode ser utilizada como fonte de biomassa para a geração de energia renovável, no caso a fração de resíduos sólidos orgânicos, resultando assim em ganhos ambientais e econômicos, além de permitir que a geração de energia seja ainda mais descentralizada (MORERO et al., 2017).

Em geral são resíduos de desperdício de alimentos pré ou pós-consumo, que possuem como característica uma composição molecular biodegradável, considerada de alta qualidade para a produção de biogás (EZEAH et al., 2014). Entretanto, esses resíduos que são materiais putrescíveis, não sendo possível sua reutilização nem reciclagem, possuem como alternativa de recuperação a produção de bioenergia, reduzindo assim o volume de resíduos enviados para aterros sanitários e minimizando os problemas ambientais relacionados à sua disposição incorretas (KHALIL et al., 2019).

Além disso, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) o Brasil produziu 10,4 milhões de toneladas de arroz na safra de 2018/19, sendo essa uma das maiores culturas de grãos produzida no país, com a região sul responsável por mais de 82% da oferta nacional, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul (CONAB, 2019). No entanto, durante o beneficiamento do arroz uma variedade de resíduos são gerados, como cascas, farelo e efluentes, que precisam passar por tratamentos, pois sua disposição de maneira incorreta pode causar impactos negativos no ambiente, como poluição do solo, nos corpos hídricos e na atmosfera, além de problemas de saúde pública (PINTO, 2009).

Uma boa opção empregada no tratamento de resíduos sólidos orgânicos e efluentes é a digestão anaeróbia, por meio de diversos processos biológicos, com uma variedade de microrganismos que atuam para transformar matéria orgânica complexa em biogás, que é um gás composto principalmente de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e um digerido, rico em nutrientes que pode ser usado como biofertilizante agrícola (CHERNICHARO, 2007). O biogás é produzido sob condições anaeróbias através de reações bioquímicas de forma simultânea e interdependente em quatro principais fases, conhecidas como hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (GHODRAT et al., 2018).

Simultaneamente, a codigestão de substratos com diferentes propriedades oferece benefícios positivos no processo, melhorando o equilíbrio de nutrientes no meio, também torna o ambiente microbiano diverso, contribui para a diluição de substâncias tóxicas ou possíveis compostos inibidores, atua nos teores de umidade ideais para a atividade, aumenta a estabilidade do digestivo, além de possibilitar o processamento de uma variedade de resíduos, tornando mais eficiente o processo de digestão anaeróbia e conseqüentemente o rendimento do biogás (ZAMANZADEH et al., 2017).

A produção de biogás a partir de resíduos contribui para diminuir as emissões de gases de efeito estufa, devido à diminuição no consumo de combustíveis fósseis, além de atuar diretamente no aumento da vida útil dos aterros (ABAD et al., 2019). O biogás é uma energia limpa com inúmeros benefícios, que pode ser utilizado em caldeiras e usinas combinadas de calor, energia e eletricidade que pode ser gerada por motores alternativos, turbinas a gás, motores rotativos, células de combustível, como para uso doméstico em aquecimento ou geração de eletricidade (KAPOOR et al., 2020).

Um dos parâmetros físico-químico mais importante a ser monitorado durante a digestão anaeróbia é a Demanda Química de Oxigênio (DQO), representada pela quantidade de oxigênio que será necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica de uma amostra (BALDACIN et al., 2015). Pois, indica a estabilização da matéria orgânica e conhecendo o valor de DQO inicial do substrato presente no reator e a concentração de DQO após tratamento, é possível calcular a eficiência de remoção de DQO, e, quanto maior a eficiência, mais biodegradado e bioestabilizado encontra-se o resíduo final (SGORLON et al., 2011).

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a porcentagem de remoção de matéria orgânica no processo de codigestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos provenientes de um restaurante universitário com efluente de uma arrozeira localizada no município de Pelotas/RS.

METODOLOGIA

Na confecção dos biodigestores foram utilizadas garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) de 1 litro com um volume total de 1,065dm³, com a finalidade de minimizar custos sem interferir na eficiência de geração do gás. A elaboração do sistema de medição para a quantificação do biogás gerado foi realizada a partir do princípio do deslocamento de líquidos entre dois frascos comunicantes um graduado e o outro reservatório, com graduação de volume em mililitros, como mostra a Figura 1:



Figura 1: Biodigestor conectado ao medidor de biogás
Fonte: Nadaleti et al., 2020

O efluente e o lodo utilizados no experimento foram obtidos do UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*) em uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de beneficiamento de arroz localizada no município de Pelotas/RS. Já os resíduos sólidos orgânicos foram provenientes do descarte da cozinha do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Pelotas, que passaram pelos processos de caracterização, trituração e diluição.

Cada biodigestor foi nomeado de acordo com a sua alimentação, onde seis receberam a letra R e continham resíduos sólidos orgânicos alimentares, enquanto outros seis receberam a nomeação RE, contendo além dos resíduos sólidos orgânicos alimentares, efluente oriundo do processo da parboilização de arroz. Em todos os biodigestores adicionou-se, ainda, lodo também proveniente do processo da parboilização de arroz, o qual funciona como inóculo no sistema. A operação dos biodigestores foi realizada em batelada simples, recebendo alimentação somente no início de seu ciclo.

O experimento foi realizado em triplicata para cada composição (R e RE) controlando-se a temperatura de 35°C, com o auxílio de um banho de aquecimento com termostato Fisatom (modelo 572) e outras duas triplicatas (R e RE) foram mantidas em temperatura ambiente, em média à 22°C.

O armazenamento e preservação das amostras foram feitos de forma a não interferir nas análises posteriores de Demanda Química de Oxigênio (DQO), conforme metodologia de *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater* (APHA, 2005).

Depois de realizadas as análises da DQO, utilizou-se a Equação 1 para quantificar os resultados descritos na Tabela 1. Os resultados considerados são uma média das triplicatas realizadas no experimento:

$$DQO \text{ em } mg \text{ O}_2.L^{-1} = \frac{(A-B) \times C \times F_n \times 8000}{V \text{ amostra (mL)} \times F_d} \quad \text{Equação 1}$$

RESULTADOS

A DQO (Demanda Química de Oxigênio) indica a estabilização da matéria orgânica, seu acompanhamento é realizado através dos valores iniciais de DQO do substrato usado na digestão anaeróbia e a concentração da mesma após tratamento, com isso pode-se identificar o rendimento de remoção da matéria orgânica, pois quanto maior sua eficiência de remoção, maior será a degradação do resíduo, sendo um fator de grande importância a ser monitorado na biometanização (SGORLON et al., 2011).

Os resultados descritos na Tabela 1, são os resultados de uma média das triplicatas realizadas no experimento, contendo a média de entrada e saída do reator, assim como sua porcentagem de remoção do processo para cada amostra:

Tabela 1. Análises da Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Amostra	Média da entrada (mg de O ₂ /L)	Média da saída (mg de O ₂ /L)	Média da remoção de DQO (%)
RE35	44356,44	3470,9	92,17
RE22	44356,44	8888,89	79,96
R35	66534,65	20994,71	68,45
R22	66534,65	32197,53	51,61

Nota-se que o biodigestor RE35 alcançou a maior remoção de DQO em relação aos outros biodigestores, onde constatou-se 92,17% de remoção. Este fato pode ser explicado pela temperatura de operação, bem como pela composição dos resíduos orgânicos nele contido (efluente e lodo do processo de parboilização de arroz e resíduos oriundos do restaurante universitário). Já o biodigestor R35 não obteve resultados similares ao biodigestor RE35 mesmo estando em mesma temperatura, o que pode ser explicado pela diferente composição de resíduos contido em cada um deles.

Além disso, houve uma maior remoção de DQO no biodigestor RE22 (79,96%), quando comparado ao biodigestor R35 (68,45%). Pois mesmo operando em maior temperatura, o que teoricamente beneficiaria o biodigestor R35, seu resultado foi inferior, o que pode ser compreendido considerando que nesse biodigestor não foi introduzido à parcela de efluente que pode ter interferido positivamente no processo. Já o biodigestor R22 obteve a menor remoção de DQO, alcançando 51,61%.

Em estudo realizado por Nadaleti et al., (2018) com produção de biogás através da digestão anaeróbia com lodo e efluente da parboilização de arroz, onde operaram os biodigestores em batelada às temperaturas de 35, 45 e 55 °C e obtiveram como resultado que o sistema com maior remoção de DQO foi o submetido a 35 °C, com remoção de 87,43%, enquanto os biodigestores submetidos a maiores temperaturas o índice de remoção caiu. Resultado esse que corrobora com o trabalho realizado, visto que na temperatura de 35°C chegou-se no maior valor de remoção com eficiência em termos de degradação de DQO de 92,17%.

Segundo Leite et al., (2004), os usos de diferentes tipos de resíduos sólidos orgânicos podem influenciar em variações na remoção de massa de DQO. Como demonstrado em seu estudo, que teve eficiência de redução de massa de DQO variando de 50 a 94%. Podendo-se reduzir tal variações através da segregação dos resíduos, da homogeneização e trituração dos mesmos, pois assim possibilita além da regularização quantitativa da concentração de DQO, a correção da acidez ou da basicidade natural do substrato, deste modo melhorando sua composição nutricional.

Outro fator que pode interferir na velocidade de remoção de DQO e na bioestabilização do substrato alimentado no reator é a granulometria dos resíduos sólidos orgânicos, pois o tamanho das partículas dos resíduos sólidos é proporcional ao contato com os microrganismos, sendo assim, quanto maior a área superficial específica, maior a interação entre o ataque dos organismos ao substrato, permitindo acelerar o processo de degradação biológica (VIRIATO, 2013). Segundo Silva (2019), a partícula da biomassa em grandes dimensões, acaba dificultando a hidrólise do processo, gerando grandes concentrações de amônia, o que inibe o crescimento de bactérias metanogênicas ou ainda falhas na homogeneização do substrato no interior do reator, com surgimento de zonas mortas.

Segundo Chernicharo (2016), partindo do princípio de que um mol de metano reage com dois mols de oxigênio para que ocorra sua completa oxidação a gás carbônico e água é necessária haver a degradação de 64g de DQO para que sejam



formados 16g de CH₄, também é possível prever que em condições normais de temperatura e pressão, há a formação de 350 mL de metano para cada grama de DQO degradada.

Em contrapartida, a parcela orgânica da DQO que não será biodegradada pelos organismos na digestão anaeróbia é conhecida como DQO recalcitrante, constituída por substâncias de baixa biodegradabilidade, como lignina, celulose, hemi-celulose, entre outros compostos recalcitrantes, que ficam depositados no fundo dos reatores (BRASIL, 2016). Também são chamados de compostos refratários, que mesmo após os tempos usuais de retenção hidráulica dos processos biológicos não são removidos, sendo lançados nos corpos d'água receptores, que precisam de muita atenção, pois devido ao efeito de acumulação podem ser prejudiciais a alguns organismos, como invertebrados e peixes, levando à ocorrência de morte e também possíveis problemas a saúde humana (ALVARES et al., 2001).

CONCLUSÕES

Após realização do estudo podemos concluir que:

- o grau de remoção da matéria orgânica, observada pelas análises de DQO de entrada e saída foram satisfatórios em todas as amostras. O fator que interferiu nesses resultados foi a temperatura, e a constituição dos substratos, o uso de resíduos sólidos orgânicos, lodo e efluente proveniente do processo da parboilização de arroz;
- a temperatura em que houve maior remoção foi a de 35°C e na temperatura ambiente (22°C) o tratamento apresentou baixa eficiência na remoção da matéria orgânica;
- o uso adicional de um efluente nos biodigestores interferiu positivamente na eficiência da remoção da DQO e consequentemente na produção do biogás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABAD, V., AVILA, R., VICENT, T., & FONT, X. (2019). Promoting circular economy in the surroundings of an organic fraction of municipal solid waste anaerobic digestion treatment plant: Biogas production impact and economic factors. **Bioresource technology**, 283, 10-17.
2. ALVARES, A. B. C.; DIAPER, C.; PARSONS, S. A. Partial oxidation by ozone to remove recalcitrance from wastewaters-a review. **Environmental Technology**, v. 22, n. 4, p. 409-427, 2001.
3. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Method 5220-C**, p. 5-16, 2005.
4. BALDACIN, ANA CAROLINA STOCCO; PINTO, GLAUCIA MARIA FERREIRA. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás. **Revista Eletrônica FACP**, v. 7, p. 1-47, 2015.
5. BRASIL - MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas a biogás / Probiogás**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.
6. CHERNICHARO, C. A. L. (2016). **Reatores anaeróbios**. 2ª ed., Belo Horizonte: Editora UFMG.
7. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2019) **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: V. 6 - SAFRA 2018/19 - N. 4 - Quarto levantamento**. Brasília: Conab
8. EZEAH, CHUKWUNONYE; STOKES, A.; ROBERTS, CLIVE L. Assessment of gas yield potentials of selected feedstocks in a small scale anaerobic digestion plant: case study, L. Reule Bioenergy Plant. **UK Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 68-76, 2014.
9. KAPOOR, R., GHOSH, P., KUMAR, M., SENGUPTA, S., GUPTA, A., KUMAR, S. S., ... & PANT, D. (2020). Valorization of agricultural waste for biogas based circular economy in India: A research outlook. **Bioresource Technology**, 123036.



10. LEITE, V. D., LOPES, W. S., SOUSA, J. T. D., & PRASAD, S. (2004). Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 9(4), 280-284.
11. MINGHUA, Z., XIUMIN, F., ROVETTA, A., QICHANG, H., VICENTINI, F., BINGKAI, L., ... & YI, L. (2009). Municipal solid waste management in Pudong new area, China. **Waste management**, 29(3), 1227-1233.
12. MORERO, BETZABET; VICENTIN, ROCIO; CAMPANELLA, ENRIQUE A. Assessment of biogas production in Argentina from co-digestion of sludge and municipal solid waste. **Waste Management**, v. 61, p. 195-205, 2017.
13. NADALETI, W. C., LOURENÇO, V. A., SCHOELER, G. P., AFONSO, M., SANTOS, R. F., VIEIRA, B. M., ... & QUADRO, M. S. (2018). Temperaturas mesófilas e termófilas na produção de biogás através de efluente da parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, 5(1), 17-21.
14. NADALETI, W. C., LOURENÇO, V. A., DOS SANTOS, G. B., DE SOUZA, E. G., DOS SANTOS, G. A. A., DE MATOS OLIVEIRA, A. F., ... & DE FREITAS SANTOS, R. (2020). PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DE CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS INDUSTRIAIS E URBANOS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(6).
15. PINTO, I. S. (2009). Caracterização físico-química do lodo seco da parboilização de arroz e sua utilização na agricultura (Master's thesis, Universidade Federal de Pelotas).
16. SGORLON, J. G., RIZK, M. C., BERGAMASCO, R., & TAVARES, C. R. G. (2011). Evaluation of the COD and the C/N ratio in the anaerobic treatment of fruit and vegetable wastes. **Acta Scientiarum. Technology**, 33(4), 421-424.
17. SILVA, WANDERSON GOMES DA. Produção de Biogás e Biofertilizante a partir da Digestão Anaeróbia de Cama de Frango. 2019. 91f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2019.
18. VIRIATO, CRISLANNE LEMOS. Influência da Granulometria e da Concentração De Sólidos Totais De Resíduos Sólidos Vegetais No Processo De Bioestabilização Anaeróbia. 2013.
19. ZAMANZADEH, M., HAGEN, L. H., SVENSSON, K., LINJORDET, R., & HORN, S. J. (2017). Biogas production from food waste via co-digestion and digestion-effects on performance and microbial ecology. **Scientific reports**, 7(1), 1-12.