

OPERAÇÃO DE REATOR SEMI-CONTÍNUO COM RECIRCULAÇÃO DE LODO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Karla Diniz Trevisan (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Nehemias Curvelo Pereira (Orientador), Tamires Guimarães da Silva (Coautor), Joel Gustavo Teleken (Coautor). E-mail: ncpereira@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química, Maringá, PR.

Engenharia Química/Operações Industriais e Equipamentos para Engenharia Química

Palavras-chave: Resíduos agropecuários; Biodigestor; Digestão.

RESUMO: O agronegócio brasileiro é mundialmente reconhecido pela sua vasta cadeia produtiva, que abrange desde a produção até a distribuição de produtos como aves e laticínios. No entanto, essas atividades geram uma grande quantidade de resíduos distintos, que demandam diferentes tipos de tratamento, muitas vezes realizados de forma inadequada. Este estudo avalia o potencial de codigestão de dois resíduos específicos dessas atividades, a cama de frango e o soro de leite, para a produção de biogás, contribuindo assim para a matriz energética do setor agroindustrial. O objetivo foi investigar a produção de biogás em diferentes cargas orgânicas de alimentação e monitorar parâmetros físico-químicos associados ao processo. Os resultados indicaram que a maior produção de biogás foi obtida com uma carga orgânica volumétrica (COV) de 3,0 kg.SV/m³.d, alcançando 3,67 L_N/g.SV. Esses dados demonstram que, mesmo com o aumento progressivo da COV, o processo manteve estabilidade e uma produção consistente. Assim, a digestão anaeróbia se apresenta como uma alternativa viável para o tratamento de resíduos, com o benefício adicional do aproveitamento energético.

INTRODUÇÃO

As atividades agropecuárias contribuem para o crescente desenvolvimento econômico do país. Essas atividades geram resíduos com potencial energético, que quando não destinados corretamente causam impactos ambientais. Logo, esses resíduos podem ser fontes de alimentação para biodigestores para a produção de biogás.

Entre os diversos resíduos gerados no setor agropecuário, destaca-se a cama de frango, proveniente da avicultura, que possui alta concentração de nitrogênio. Outro resíduo significativo são os efluentes da indústria de laticínios, especialmente aqueles derivados da produção de queijo, que apresentam elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, configurando-se como uma das principais fontes de poluição devido à sua alta carga orgânica (Andrade, 2011; Janczukowicz, Zielinski, & Debowski, 2008).

No contexto dos biodigestores, o modelo CSTR (Continuous Stirred Tank Reactor) se destaca por sua capacidade de suportar altas cargas volumétricas de alimentação, sendo especialmente recomendado para a codigestão de diferentes tipos de substratos, inclusive aqueles com concentrações superiores de sólidos (Kunz et al., 2019). Os biodigestores podem ser classificados de acordo com o regime de operação, com o regime semicontínuo sendo caracterizado por intervalos entre as alimentações, o que facilita a gestão de resíduos em diversas escalas de produção.

Dessa forma o objetivo consiste em operar um reator para a produção de biogás em escala piloto, em regime semi-contínuo de alimentação, com aumento gradual das cargas orgânicas volumétricas da mistura da cama de frango e soro de leite.

MATERIAIS E MÉTODOS

O reator, com capacidade total de 20 litros e volume útil de 14 litros, foi equipado com um sistema de aquecimento que utiliza um banho termostático para manter a temperatura controlada em 37°C. O fluido aquecido (água) circula por uma serpentina localizada no interior do reator, enquanto um sensor de temperatura submerso em um poço termométrico monitoriza continuamente a temperatura interna. A recirculação do lodo foi realizada por uma bomba helicoidal operando 24 horas por dia, controlada por um inversor de frequência ajustado em 60 Hz. A quantificação do biogás produzido foi realizada utilizando um medidor de gás GLP. Para determinar a composição do biogás, alíquotas de amostras foram coletadas através de um septo de borracha acoplado à tampa do reator e analisadas por cromatografia a gás. Ao longo do processo de produção de biogás, foram conduzidas análises físico-químicas regulares para assegurar a estabilidade da digestão anaeróbia.

Análises físico-químicas

As análises realizadas nas amostras de lodo e no substrato de alimentação incluíram a medição da temperatura, pH, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos e alcalinidade.

Carga orgânica volumétrica de alimentação

A carga orgânica foi aumentada progressivamente de 0,50 até 3,50 kg SV/m³.d, iniciando em 1,0 kg SV/m³.d, levando em consideração um tempo de retenção hidráulica de 30 dias. A quantidade de substrato necessária para a alimentação foi calculada utilizando as Equações (1) e (2).

$$Q = \frac{V \cdot C}{t} \quad (01)$$

$$\frac{Q}{V} = \frac{SV}{TRH}$$

(02)

Em que:

V: Volume do biodigestor em (m³);
Q: Carga de alimentação do substrato (m³/dia);
SV: Sólidos voláteis do substrato (g/L);
TRH: Tempo de retenção hidráulica (dia).

Monitoramento do reator

O monitoramento envolveu a análise detalhada dos parâmetros físico-químicos, como a temperatura, além da contabilização do volume de biogás produzido e a determinação de sua composição. Ajustes foram realizados sempre que necessário para garantir a eficiência e estabilidade do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos 84 dias de operação do reator, observou-se a relação entre a carga orgânica volumétrica (COV) e a produção de biogás. O maior volume de biogás produzido foi de 3,67 L_N/g_{SV}, alcançado com uma COV de 3,5 Kg.SV/m³.d, conforme a Figura 1.

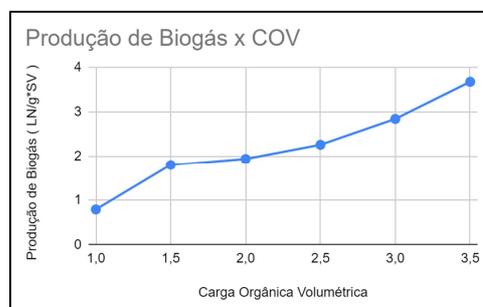


Figura 1 - Relação entre a produção de Biogás e a Carga Orgânica Volumétrica.

As análises físico-químicas desempenharam papel fundamental na otimização da produção de biogás. Sugere-se pH na faixa de 7,0 para o processo de digestão anaeróbia (Cherubini, et al. 2014). Notou-se que a cama de frango apresentou pH básico, próximo à 9,0, enquanto o soro de leite apresentou pH ácido, inferior a 5,50, a codigestão desses resíduos pode contribuir para o equilíbrio do pH, podendo favorecer o processo de digestão anaeróbia e, conseqüentemente, a produção de biogás.

Em relação à temperatura, o controle foi um desafio devido às influências externas, como a variação da temperatura ambiente, que impactaram a temperatura interna do reator. No entanto, foi mantida a temperatura dentro da faixa recomendada de 37^o± 2 °C, como sugerido por El-Mashad (2004), com variações observadas entre 36°C à

37,5°C, conforme a Figura 2. O monitoramento foi essencial para garantir a estabilidade de processo e maximizar a produção de biogás.

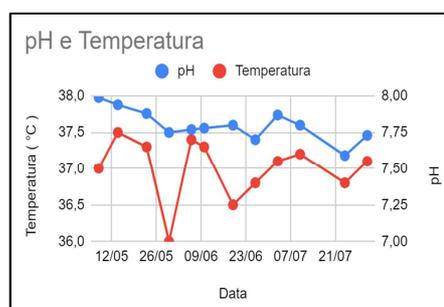


Figura 2 - Relação entre o pH e a temperatura.

CONCLUSÕES

Na operação do reator, o monitoramento dos parâmetros físico-químicos reforçou a importância de mantê-los dentro das faixas sugeridas pela literatura para assegurar a estabilidade do processo diante do aumento gradual das cargas orgânicas de alimentação. Os resultados evidenciaram essa estabilidade, com a temperatura mantida em 37°C e o pH na faixa de 7,0, condições sob as quais a carga orgânica volumétrica (COV) de 3,5 kg.SV/m³.d resultou na maior produção de biogás, atingindo 3,67 L_N/g.SV. Além disso, a codigestão dos resíduos avaliados mostrou-se promissora, não apenas como uma solução eficaz para o tratamento e redução do impacto ambiental dessas atividades, mas também como uma fonte alternativa de energia, contribuindo para a sustentabilidade da agropecuária.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e a Fundação Araucária pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. H. Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reuso. 2011. 214 f. **Dissertação (Mestrado)** - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

CHERUBINI, E.; ZANGHELINI, G. M.; ALVARENGA, R. A. F.; FRANCO, D.; SOARES, S. R. **Life cycle assessment of swine production in Brazil: a comparison of four manure management systems**. Journal of Cleaner Production, 87, 68-77, 2014.

El-Mashad, H. M., Zeeman, G., van Loon, W. K. P., Bot, G. P. A., Lettinga, G. **Effect of temperature and temperature fluctuation on thermophilic anaerobic digestion of cattle manure.** Bioresource Technology, 95, p.191–201, 2004.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. de. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato.** Sbera: Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, Santa Catarina - SC, 2019.