



ESTUDO DA VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO DE ETE PROVENIENTE DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

GONÇALVES, T. A. C.¹ LOPES, C. R. M.² CARDOSO, J. V. S.² SOUZA, M. L. P.²
SILVA, D. L. M.² ALVES, V. M. L.² RESENDE, S. V. M.²

¹Docente do IFNMG – Campus Montes Claros;

²Discente do curso superior em Engenharia Química do IFNMG – Campus Montes Claros.

Palavras-chave: Biogás, Tratamento de efluente, Biodigestão anaeróbia, Lodo de ETE.

Introdução

O tratamento de resíduos industriais e sanitários é um fator de grande importância ambiental, que une esforços das esferas municipais, estaduais e federais. Nessa perspectiva, a atuação das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's) tem grande relevância na atenuação dos impactos dos resíduos gerados à saúde pública e ao meio ambiente. Em síntese, a maior parte dos resíduos urbanos e industriais provenientes da rede de saneamento básico são descartados em lagos ou rios, contaminando toda espécie de vida e recurso natural daquela localidade. A partir de operações de tratamento de água e esgotos, observa-se a produção do lodo, um resíduo sólido rico em matéria orgânica.

Dos constituintes removidos pelo tratamento de efluentes em ETE's, o lodo é o que apresenta maior volume, e seu processamento, reuso e disposição final são temáticas bastante complexas. De acordo com Lima (2015), o lodo de esgoto é uma mistura heterogênea de microrganismos, materiais orgânicos não digeridos, tais como papel, resíduos vegetais, óleos ou material fecal e materiais inorgânicos. Os problemas associados ao lodo estão no fato do mesmo apresentar em sua composição substâncias responsáveis pelo potencial de danos ao efluente não tratado e a parcela de lodo produzida conter matéria orgânica que pode sofrer decomposição e causar danos ao meio ambiente e à saúde pública (METCALF; EDDY, 2016).

O processo de digestão anaeróbia consiste na conversão da matéria orgânica biodegradável, por bactérias anaeróbias, do resíduo em biogás, o qual é constituído, principalmente, por gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂).

O biogás, como fonte de energia renovável, despertou um grande interesse nos últimos anos, sendo talvez uma das tecnologias de mais fácil implementação, sobretudo nos setores rurais. Seu potencial desenvolvimento, não apenas considerando a produção de biogás, mas também a obtenção de biofertilizante e tratamento de problemas sanitários em alguns casos torna muito atrativa sua aplicação e difusão nos setores com abundância de resíduos com alta concentração de matéria orgânica (CORREAS, 2013).

Sabendo-se da importância socioambiental do tratamento de resíduos e do desenvolvimento de tecnologias de geração de energia é que este projeto foi proposto, cujo principal intuito é de estudar a viabilidade técnica do tratamento do lodo da ETE de uma indústria farmacêutica na cidade de



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



Montes Claros-MG, via biodigestão anaeróbia, bem como determinar o potencial de geração de biogás, e, conseqüentemente, de energia sustentável.

Metodologia

Análise do Teor de Sólidos

Inicialmente, efetuou-se a caracterização do lodo, a fim de determinar a quantidade de sólidos totais, voláteis e fixos. Tais valores foram determinados através da gravimetria, consoante à metodologia Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (2012), descrito, também, de forma sucinta, no trabalho de Lima (2015), o qual foi de grande valia para o desenvolvimento desta análise.

Efetuoou-se o preparo de cápsulas de porcelana e levadas ao forno mufla, por 30 minutos, a 550°C, para se retirar a umidade.

Retiraram-se as cápsulas da mufla, as quais foram pesadas e registrou-se o valor obtido (m_0). Decorrido esta ação, foram adicionadas amostras do efluente trabalhadas, previamente pesadas, e levadas à estufa de circulação de ar por 12h. Após este tempo, obteve-se uma massa constante (m_1). A temperatura da estufa foi mantida a 100°C no referido período de análise. Por fim, levaram-se as amostras para o forno mufla a 550°C durante 30 minutos após este tempo, as cápsulas foram pesadas (m_3).

$$ST = (m_1 - m_0) \times 10000 \quad (1)$$

$$SF = (m_2 - m_0) \times 10000 \quad (2)$$

$$SV = (m_1 - m_2) \times 10000 \quad (3)$$

em que: ST são os sólidos totais, SV os sólidos voláteis e SF os sólidos fixos, todos eles com unidade em mg/L. A Figura 1 ilustra de forma efetiva como foi desenvolvido o presente experimento

Ensaio para aferição da produção de biogás

Os ensaios em batelada foram desenvolvidos com base no trabalho de Lima (2015), em que se efetuou o preparo de reatores utilizando frascos de penicilina. Esses reatores apresentaram volume de 100 mL com seringas de 20 mL acopladas em suas tampas, a fim de se aferir a produção de biogás. Cobriram-se tais frascos com papel alumínio de modo a não permitir a entrada de luz e posterior modificação na atividade microbiana. A temperatura de desenvolvimento desta etapa foi equivalente a 25°C.



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



Resultados e discussão

Análise de Teor de Sólidos

Na Tabela 1 estão alocados os valores de massa das cápsulas preparadas para obtenção do parâmetro m_0 , bem como das massas de lodo após secagem em estufa e após calcinação em mufla.

Utilizando as equações (1), (2) e (3) para os dados dispostos na Tabela 1, obtêm-se os valores de sólidos totais, voláteis e fixos, bem como a porcentagem de SV/ST, expressos na Tabela 2. Vale destacar que, em torno de 60% do resíduo sólido analisado é constituído por sólidos voláteis, ou seja, matéria orgânica passível de degradação anaeróbia. Dessa maneira, pode-se inferir que a microbiota inserida ao sistema tem as condições necessárias para o desenvolvimento e geração de biogás, fato este primordial para a eficiência de tratamento do lodo. Para fins de melhoria na visualização, os valores referentes aos sólidos voláteis, totais e fixos foram representados em unidade de g/L.

Ensaio para aferição da produção de biogás

Ao longo de 10 dias foram monitorados os frascos de penicilina para aferição da produção de biogás. Os valores concernentes à etapa descrita estão na Tabela 3. A Figura 3 apresenta os perfis de produção de biogás, tendo produção média de 16,9 mL de biogás para uma massa média de 49,5 g de lodo, após 10 dias de monitoramento. No gráfico abaixo, nota-se que, a partir do sexto dia, chegou-se a um ponto máximo da produção, o qual foi mantido relativamente constante ao longo do período de análise restante. A partir da média entre os volumes calculados, foi possível realizar a estimativa de biogás produzido mensalmente (utilizando como base 1,0 ton/mês de lodo gerado). O valor conseguido foi de 0,34 m³ /mês de biogás. Consoante a Barrera (1993), 1 m³ de biogás gera, aproximadamente 1,428 kW de energia elétrica, podendo variar de acordo com a quantidade de metano presente no biogás em questão. Logo, pode-se inferir que há uma produção de energia considerável a partir do lodo da estação de tratamento de efluentes analisado.

No dia 21/06/2021 foi feita a coleta do lodo na ETE da Indústria Farmacêutica. Foram montadas 3 amostras, uma com o lodo do leito 1 (retrolavagem) e duas com o lodo do leito 2 (efluente sanitário) para aferição da produção de biogás em garrafas de cerveja, usando deslocamento de líquido. A amostra 1 se refere ao lodo do leito 1, a amostra 2 se refere ao lodo do leito 2 desidratado e a amostra 3, ao lodo do leito 2 úmido. Nesta configuração, foram colocados 200 g de lodo e 100 g de água. Também foi feito um sistema com um galão de 5 L, mantendo a mesma proporção água/lodo das amostras das garrafas de cerveja, com aproximadamente 2 kg de lodo (leito 2 desidratado) e 1 kg de água

Os resultados de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e análise de sólidos estão dispostos na Tabela 4.



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



Pode-se notar que há uma boa quantidade de sólidos voláteis nos lodos (por volta de 53%), o que indica que existe matéria orgânica disponível para o processo de biodigestão anaeróbia. A seguir temos os resultados de produção de biogás em 15 dias.

Também foi feito um biodigestor em maior escala (20 L) e usado o lodo do leito 2 para aferir a produção de biogás, também por método de deslocamento de líquido. Foram usados 8 kg de lodo e 7 kg de água.

Pode-se perceber a partir dos resultados que tivemos uma boa produção de biogás em todos os tipos de experimentos que foram realizados. As três amostras que estavam nas garrafas de cerveja tiveram uma produção de biogás por grama de lodo muito parecida (próximas a 6,3 mL/g).

Já a amostra do biodigestor de 5 L teve este parâmetro bem menor, cerca de 2,6 mL/g. No biodigestor de 20L, este parâmetro teve um valor ainda menor, de 0,75 mL/g. Isto pode ser explicado por algum material que tem difícil degradação (o que iria requerer um maior tempo de retenção hidráulica no biodigestor) ou algum desequilíbrio na biota ou nas etapas de produção, levando à inibição dos microrganismos e não degradação completa da matéria orgânica.

Além disso, também é importante citar que as provetas utilizadas têm certa limitação de medição, resultando em perda de biogás produzido quando a proveta estava cheia.

No dia 27/09/2021 fizemos a coleta do lodo na ETE da indústria farmacêutica e fizemos análises de 3 tipos de lodos. O lodo 2 possuía efluente sanitário, o lodo 3 teve descarte dia 13/09 e dia 18/09 e o lodo 4 teve descarte dia 13/09 e estava mais seco que os outros. O lodo 3 e 4 tinha material que estava obstruindo o processo da ETE e era de característica mais gordurosa. Estas análises foram feitas em frascos de penicilina, com 50 g de lodo e 30 g de água (exceto para o lodo 3, que teve somente 80 g de lodo), com análise em triplicata.

Seguem os resultados da produção média de biogás de cada lodo nas Tabelas 5.

O lodo 3 teve a maior produção de todos, mesmo com material gorduroso. Geralmente este tipo de material, que tem uma característica mais complexa de degradação, não ajuda na produção de biogás. Porém, não foi o observado aqui. Contudo, não se sabe precisamente a composição e a característica exata do tipo de substrato que foi inserido, o que dificulta a possibilidade de encontrar explicações precisas para o ocorrido. O descarte mais recente em relação ao lodo 4 também pode explicar esta maior produção em relação ao mesmo.

Realizou-se cálculos para determinar a quantidade de biogás produzido pela quantidade de amostra de lodo e obteve-se os seguintes resultados. Para o lodo 2 foi de 1,6 mL/g, para o lodo 3 foi de 1,6 mL/g, e para o lodo 4 foi de 0,5 mL/g. Os resultados mostram que há um potencial equivalente entre os lodos 2 e 3, o que não era esperado, pois o lodo 3 tem característica gordurosa, o que



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



demandaria maior tempo de retenção para degradar adequadamente ou um pré-tratamento seria necessário.

Valendo-se de todos estes dados, foi possível estimar o potencial de produção de biogás do lodo do leito 2 da ETE, que tem a maior composição de efluente sanitário.

Nesta estimativa, considerou-se que somente o metano presente no biogás gera energia, usando o valor de PCI (Poder Calorífico Inferior) trazido por (GENOVESE; UDAETA; GALVAO, 2006 apud SANTIAGO; SANTIAGO, 2019). Além disso, também foi considerado a produção de lodo na ETE de 1 ton/mês. Com isso, o valor obtido para energia gerada foi de 12,5 kWh/mês. Este valor não se mostra muito expressivo para alguma redução de custos mensais com energia, porém gera alguma economia. Além disso, as análises aqui feitas foram simples, sem controle de nenhum parâmetro. Porém, os resultados aqui mostram que este substrato tem um grande potencial para produção de biogás.

Considerações finais

Com base no abordado, a partir das análises referentes à quantidade expressiva de sólidos voláteis no efluente e a produção de biogás observada nos frascos de penicilina, garrafas de cerveja e biodigestores de maior escala, pode-se inferir que o processo de biodigestão é viável tecnicamente. Essa assertiva é de extrema importância, visto que um poluente ambiental é estabilizado e se pode gerar, como produto principal, o biogás, e, através do poder calorífico deste, gerar energia elétrica/térmica e como subproduto o biofertilizante.

Referências

- BARRERA, P. **Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1993.
- CORREAS, N. **O Biogás. Programa de Capacitação em Energias Renováveis**. 2013.
- GENOVESE, A. L.; UDAETA, M. E. M.; GALVAO, L. C. R. **Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo**. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, SciELO Brasil, 2006.
- LIMA, M. F. **Produção de biogás a partir de lodo de esgoto em condições mesofílicas e termofílicas**. 2015. Universidade Federal de Pernambuco.
- MARKOWSKI, M. et al. **Optimizing low-temperature biogas production from biomass by anaerobic digestion**. *Renewable Energy*. 2014.
- METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- POLL, E. R. **Estimação de parâmetros dos Modelos Cinéticos de Monod e Contois na produção de biogás de resíduos de curtume**. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.
- SANTIAGO, H. da S.; SANTIAGO, E. L. G. **Potencial energético utilizando a produção de biogás em tratamento de esgoto**. *Engineering Sciences*, v. 7, n. 1, p. 73–80, 2019.



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. Método 4500 B. 2012.

ANEXO I



Figura 1 - Ensaios para determinação do teor de sólidos. Fonte: Arquivo Pessoal (2021).



Figura 2 - Ensaios para verificação da geração de biogás. Fonte: Arquivo Pessoal (2021).

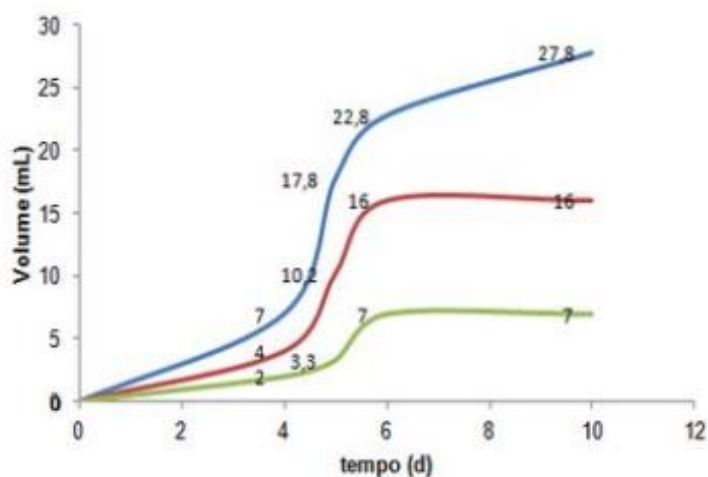


Figura 3 - Comportamento ao longo do tempo para produção de biogás. Fonte: Arquivo Pessoal (2021).

Tabela 1 - Massas de amostras de lodo (g) coletadas para análise.

Amostra	Cápsula	Lodo isento de umidade + cápsula	Lodo calcinado + cápsula
Amostra 1	71,316	96,134	86,240
Amostra 2	87,148	112,077	101,808
Amostra 3	74,770	100,729	90,121



21ª SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

BIOMAS DO BRASIL: DIVERSIDADE, SABERES E TECNOLOGIAS SOCIAIS

IX ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

24 A 26 DE OUTUBRO DE 2024



Tabela 2 - Massas de amostras de lodo (g) coletadas para análise.

Amostra	Sólidos totais	Sólidos Fixos	Sólidos Voláteis	% SV/ST
Amostra 1	71,316	96,134	86,240	60,134
Amostra 2	87,148	112,077	101,808	58,807
Amostra 3	74,770	100,729	90,121	59,136

Tabela 3 - Volumes representativos das amostras para produção de biogás.

t (d)	I	II	III
0	0	0	0
4	7	4	2
5	17,8	10,2	3,3
6	22,8	16	7
10	27,8	16	7

Tabela 4 - Demanda Química de Oxigênio dos Lodos em mg/L.

Tipo de Amostra	DQO (mg/L)
Lodo 1	106
Lodo 2 Desidratado	1308
Lodo 2 Úmido	254

Tabela 5 - Volumes representativos das amostras para produção de biogás.

Lodo	Data da coleta	Tempo de análise (dias)	Volume produzido (mL)
2	27/09/2021	11	78,67
3	27/09/2021	11	126,67
4	27/09/2021	11	25