

DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

F. S. PIO¹, L. T. SANTANA¹, L. K. CORRÊIA¹ e F. D. CASTRO¹

¹ Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: flavia.souza.pio@gmail.com

RESUMO – O presente trabalho teve a finalidade de construir e avaliar a eficiência de um biodigestor anaeróbio, para degradação da remoção da matéria orgânica oriunda de dejetos bovinos. O biodigestor foi operado em três ciclos, em processo descontínuo, e o tempo de retenção hidráulica variou de acordo com cada ciclo, tendo duração de 21 a 35 dias. A caracterização dos dejetos foi realizada por meio de amostragens no início, meio e final de cada ciclo. Foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF), umidade, demanda química de oxigênio (DQO), amônia e produção de biogás. Os resultados indicaram que o processo de biodigestão anaeróbia foi eficiente para degradar a matéria orgânica dos dejetos bovinos. Para ST, SV, SF, umidade e DQO, foram registradas remoções máximas de 43,31%, 39,75%, 59,38%, 9,88% e 96,27%, respectivamente, para o efluente resultante do biodigestor. Verificou-se um aumento significativo na produção de nitrogênio amoniacal, sendo o valor máximo obtido de 43,10%. Foi realizado o teste de chama, o qual comprovou a produção de biogás. Entretanto, não foi possível quantificar a produção de biogás, devido a possíveis vazamentos.

1. INTRODUÇÃO

O biodigestor anaeróbio consiste em um sistema onde ocorre a fermentação da matéria orgânica (resíduos alimentícios e/ou dejetos animais) por bactérias, na ausência de oxigênio. É uma alternativa para reduzir o acúmulo de dejetos descartados de forma indevida, sendo considerado como uma fonte energética renovável, segura e sustentável. Esse equipamento tem o objetivo de substituir lagoas e terrenos a céu aberto, métodos comumente utilizados para descarte de dejetos em atividades agropecuárias. Segundo o Ibama (1998), pela legislação Ambiental (Lei 9.605 – Lei de Crimes Ambientais), produtores agropecuários podem ser responsabilizados por danos causados ao meio ambiente. Por esse motivo, o biodigestor se torna uma forma eficiente para tratamento de matéria orgânica gerada por essas atividades (Almeida, 2008).

O biogás é um combustível gasoso, com conteúdo energético semelhante ao gás natural, produzido nos biodigestores, a partir da digestão anaeróbia. A sua composição varia de acordo com o tipo de biomassa utilizada e pode conter até 70% de gás metano (CH₄), que é combustível, possui elevado poder calorífico e não produz fuligem. O biofertilizante é um efluente do biodigestor que possui propriedades fertilizantes, com elevado teor de húmus,

composto por: água, nitrogênio, fósforo e potássio, em quantidade e composição adequadas, podendo ser utilizado diretamente na adubação das plantas (Flores, 2014).

O presente trabalho empregou como fonte de matéria orgânica os dejetos bovinos. Tendo em vista a liberação indiscriminada desses dejetos na natureza, a implantação de biodigestores pode ser considerada uma alternativa para a destinação racional dos resíduos, diminuindo seu potencial poluidor, reduzindo sua patogenicidade e adequando os proprietários de bovinos às exigências da legislação ambiental (Ferreira, 2013).

2. METODOLOGIA

Com base no estudo de Eckert *et al.* (2015), optou-se por construir um biodigestor de modelo descontínuo e material de aço inox, de formato cilíndrico, com diâmetro de 22 cm e altura de 27 cm, com capacidade de 10,264 L. A Figura 1 apresenta o sistema de biodigestão anaeróbia. O biodigestor foi operado em três ciclos distintos, como pode ser observado na Tabela 1.

Figura 1 – Sistema de biodigestão anaeróbia utilizado no experimento

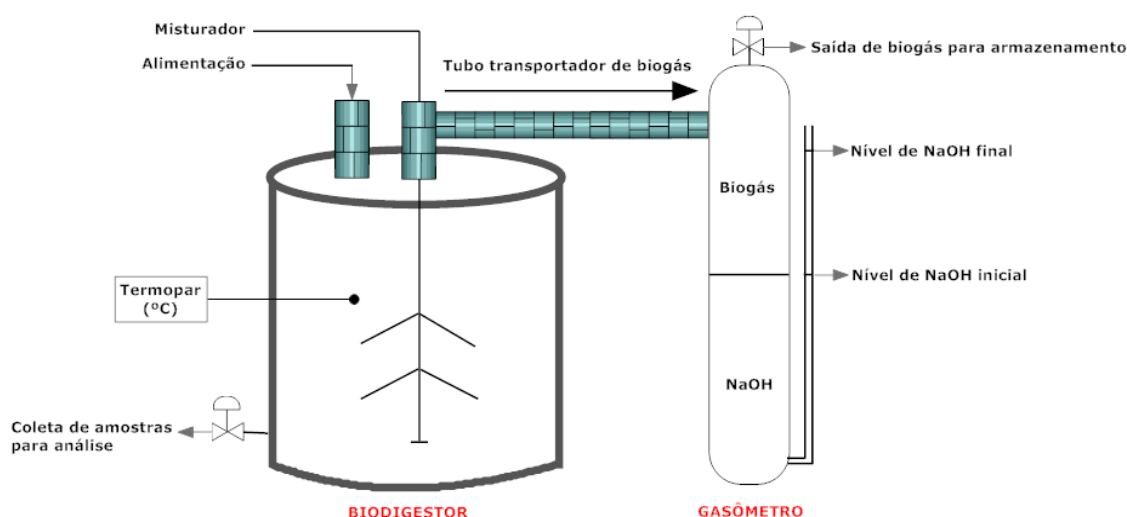


Tabela 1 – Ciclos do biodigestor

| | 1º Ciclo | 2º Ciclo | 3º Ciclo |
|-------------------|------------|------------|------------|
| Início | 08/09/2016 | 03/10/2016 | 07/11/2016 |
| Término | 03/10/2016 | 07/11/2016 | 28/11/2016 |
| Tempo de Retenção | 25 dias | 35 dias | 21 dias |

A produção de biogás a partir de dejetos bovinos comumente apresenta grande eficiência, uma vez que cerca de 10 kg de matéria orgânica produzem 0,40 m³/dia de biogás. Dessa forma, optou-se por trabalhar com esse tipo de matéria orgânica. Além disso, é um material de fácil acesso, que pode ser obtido em grande quantidade. Para inseri-lo no processo, não é necessário o uso de inóculo, já que possui microrganismos capazes de degradar a carga orgânica (Fundação Aperam Acesita, 2011).

Foram analisados os seguintes parâmetros, para o processo de biodigestão anaeróbia: pH, pressão, temperatura, sólidos totais (ST), voláteis (SV) e fixos (SF), umidade, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal e produção de biogás. As análises de sólidos, umidade, DQO e nitrogênio amoniacal foram realizadas de acordo com a Apha (2005), no início, meio e fim do processo de biodigestão. O pH foi verificado com o pHmetro. A produção do biogás e a pressão foram controladas a partir do gasômetro, acoplado na câmara digestora. Para verificar a temperatura, foi utilizado um termopar. Estas análises foram realizadas a cada três dias, durante o processo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas dimensões propostas, foi construído o biodigestor anaeróbio, como observa-se na Figura 2. Os resultados das análises para o primeiro ciclo não foram considerados, pois o biodigestor estava em fase de teste.

Figura 2 – Sistema de biodigestão anaeróbia



Os valores de temperatura e pH mostraram-se satisfatórios, pois estavam dentro das faixas ideais, de 25°C a 36°C e 7 a 8, respectivamente. Portanto, não limitaram o processo.

3.1. Teor de sólidos

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se observar que houve remoção significativa dos ST, SF e SV. Estes valores estão de acordo com os resultados de Vivan *et al.* (2010), que encontraram resultados para remoção de ST de 24,16%, SF iguais 12,72% e SV de 34,63%, o que comprova que o presente trabalho apresentou taxas de degradação de sólidos satisfatórias.

Tabela 2 – Valores dos parâmetros ST, SF e SV para início e fim do processo de biodigestão

| Sólidos Totais (ST) - g/L | | | | Sólidos Fixos (SF) - g/L | | | | Sólidos Voláteis (SV) - g/L | | | |
|---------------------------|--------|-------|-------------|--------------------------|--------|-------|-------------|-----------------------------|--------|-------|-------------|
| Ciclo | Início | Fim | Remoção (%) | Ciclo | Início | Fim | Remoção (%) | Ciclo | Início | Fim | Remoção (%) |
| 2 | 88,20 | 50,00 | 43,31 | 2 | 16,00 | 6,50 | 59,38 | 2 | 72,20 | 43,50 | 39,75 |
| 3 | 74,30 | 67,83 | 8,71 | 3 | 13,10 | 12,63 | 3,58 | 3 | 61,20 | 55,20 | 9,80 |

3.2. Umidade

A Tabela 3 evidencia os teores de umidade da matéria orgânica, para o 2º e 3º ciclos.

Tabela 3 – Teores de umidade do biofertilizante

| Ciclo | 2° | | | 3° | |
|-------------------|--------|------|-------|--------|-------|
| Coleta da amostra | Início | Meio | Final | Início | Final |
| Umidade (%) | 8,09 | 3,98 | 7,55 | 6,96 | 9,88 |

Observou-se um aumento no teor de umidade da segunda etapa da análise para a terceira. Na primeira etapa do processo, ocorre a fermentação por meio de uma hidrólise, levando ao consumo de água e à redução da umidade. Na última etapa, ocorre a metanogênese, etapa final no processo global de degradação anaeróbica da matéria orgânica biodegradável em metano e dióxido de carbono, em que ocorre a formação de água e, portanto, leva a um aumento da umidade da biomassa. A Equação 1 e a Equação 2 mostram a etapa metanogênica (Biarnes, 2016). Assim, os resultados indicam que ocorreu a metanogênese.



3.3. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os resultados das análises de DQO para os ciclos de operação podem ser visualizados na Tabela 4. As análises de DQO no segundo ciclo indicaram que houve uma remoção de 96,27% para esse parâmetro. Resultados similares foram obtidos por Scapinello *et al.* (2011), cujo sistema de tratamento anaeróbio empregado apresentou uma grande remoção de DQO, com média de 94%. No terceiro ciclo, verificou-se que houve uma remoção de 53,22% de DQO. O menor valor de remoção observado para esse parâmetro deve-se, possivelmente, ao menor tempo de processo, conforme exibe a Tabela 1.

A avaliação da DQO é uma forma de quantificar a matéria orgânica presente no biodigestor. Com isso, as remoções de DQO apresentadas nas análises indicam que os resíduos foram, em grande parte, digeridos, satisfazendo os objetivos do processo.

Tabela 4 – Resultados das análises de DQO

| Ciclo | Coleta da amostra | Concentração (mgO ₂ /L) | Remoção (%) |
|-------|-------------------|------------------------------------|-------------|
| 2° | Início | 240000 | 96,27 |
| | Final | 8950 | |
| 3° | Início | 189542,318 | 53,22 |
| | Final | 88663,683 | |

3.4. Teor de amônia

Os resultados obtidos, que indicaram elevação substancial de amônia, foram esperados. Isso se deve à produção de amônia durante a degradação da matéria orgânica nitrogenada. A Tabela 5 mostra a porcentagem de aumento de amônia nos ciclos.

Tabela 5 – Resultados das análises de amônia no 2° e 3° ciclos

| Ciclo | Coleta da amostra | Concentração (mgN/L) | Variação (%) |
|-------|-------------------|----------------------|--------------|
| 2° | Início | 2556,064 | 43,10 |
| | Final | 4492,652 | |
| 3° | Início | 4632,610 | 12,16 |
| | Final | 5274,280 | |

3.5. Teste de chama

A Figura 3 mostra o teste de chama realizado no laboratório, com uma parte da amostra final do segundo ciclo. Pode-se concluir que houve produção de biogás a partir da matéria orgânica utilizada no biodigestor, devido o crescimento da chama, ao entrar em contato com o gás proveniente do béquer contendo os dejetos.

Figura 3 – Teste de chama para amostra de bancada



4. CONCLUSÃO

O processo de biodigestão anaeróbia apresentou eficiência na remoção dos parâmetros físicos e químicos analisados. Os percentuais máximos de remoção de ST (43,31%), SF (59,38%), SV (39,75%), umidade (9,88%) e DQO (96,27%) indicaram que ocorreu a biodegradação parcial dos dejetos bovinos.

A partir da redução da umidade observada entre a primeira e segunda análise de cada ciclo, pode-se concluir que houve consumo de água, provavelmente devido à etapa de hidrólise. Posteriormente, verificou-se um aumento da umidade, devido à ação de bactérias metanogênicas, que são responsáveis pela degradação anaeróbica da biomassa, decompondo-a em gás metano e gás carbônico e produzindo água nesta reação. Durante cada ciclo, constatou-se um aumento relevante na produção de nitrogênio amoniacal, indicando que a matéria orgânica complexa foi degradada em compostos mais simples, levando à liberação de amônia no meio.

Foi possível comprovar, a partir dos resultados obtidos, que houve a produção de biogás. Entretanto, a quantificação do gás produzido não foi possível, devido ao tempo insuficiente de operação ou ao possível vazamento no sistema que, consequentemente, fez com que a válvula de retenção não recebesse a pressão necessária para permitir a passagem do biogás para o gasômetro. A formação de gás metano foi confirmada com o aumento do teor de umidade e o teste de chama. Portanto, o biodigestor promoveu a redução da matéria orgânica dos dejetos bovinos, diminuindo o impacto ambiental desse resíduo, ao ser lançado no solo e em corpos d'água.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. V. B. P. de. *Biodigestão Anaeróbica na Suinocultura*. 2008. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, 2008.
- APHA. *Standard methods for the examination of water & wastewater*. 21st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, v.1, 2005.
- BIARNES, M. *Biomass to biogas: anaerobic digestion*. 2016.
- ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; MARI, A. G.; MARI JUNIOR, A.; CABRAL, A. C.; GRZESIUCK, A. E.; DIERINGS, L. S. Construção de biodigestores de batelada para escala laboratorial. *Revista Brasileira de Energia Renovável*, v. 4, p. 65-82, 2015.
- FERREIRA, J. *Produção de biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de Ciências*. 2013. 44 f. Monografia (Especialização no Ensino da Ciência) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- FLORES, M. C. *Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica – estudo de caso em confinador suíno*. 2014. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.
- FUNDAÇÃO APERAM ACESITA. *Tecnologias alternativas: tipos de materiais para abastecimento*. Cartilha. 2011.
- IBAMA. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre Crimes Ambientais.
- SCAPINELLO, J.; MUNARINI, A. C.; FRANCO, G. M. de S.; MAGRO, J. D. *Avaliação de um sistema de tratamento anaeróbico de dejetos suínos*. 2011. 13 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Santa Catarina, 2011.
- VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.