

AGITAÇÃO MECÂNICA EM BIODIGESTORES ANAERÓBIOS ESCALA PILOTO

Larissa da Costa Teodoro¹; Larice Aparecida Rezende Santana²; Luan Oliveira Marques³;
Victor de Carvalho Silva⁴; Marcelo Henrique Otenio⁵

Resumo

A mistura completa está entre as técnicas atuais de otimização do processo de digestão anaeróbia, pois garante a transferência eficiente de calor e a distribuição uniforme da matéria orgânica e dos agentes microbianos ativos, maximizando a produção de biogás. Este trabalho buscou determinar a viscosidade dinâmica aparente de esterco bovino em diferentes concentrações de sólidos totais, 8%, 6% e 4%, com a finalidade de projetar um agitador mecânico de fluidos e determinar suas condições de operação para um biodigestor piloto com capacidade de 60L. Os experimentos foram realizados com diferentes lotes de esterco bovino da pecuária leiteira com 25,19%, 12,44% e 11,91% de sólidos totais, sendo encontrado os valores de viscosidade de 0,9735, 0,2000 e 0,0702 Pa.s, para as diluições de 8%, 6% e 4%, respectivamente. Tendo em vista os baixos valores de viscosidade encontrados, o modelo de agitador com impulsor de hélice é o mais indicado e deverá operar com agitação suave e rotação entre 100 e 300 rpm.

Palavras-chave: Biomassa; Tratamento de resíduos; Misturador.

Introdução

Os resíduos provenientes dos sistemas de produção animal, por muito tempo foram uma fonte poluidora, mas atualmente têm sido parte integrante do sistema produtivo^[1]. A matéria orgânica proveniente dessas atividades, como os excrementos de animais, é atrativa do ponto de vista energético e para o uso dos agentes microbianos ativos, maximizando a produção de biogás^[2]. Neste contexto a reologia dos fluidos é um fator importante, sendo a viscosidade uma

como fertilizante. Dessa forma, a digestão anaeróbia é uma técnica que tem sido utilizada para o descarte sustentável de excrementos de animais, com ênfase na captura do produto do processo de biodegradação, o gás metano^{[2],[3]}.

Um parâmetro importante para a operação de sistemas de mistura eficientes, em que as condições de operação e o tipo de misturador empregado, são fatores chaves em termo de produtividade^{[2],[7]}. Contudo,

¹Aluno do Curso de graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais
larissa_teodoro_ifsemg@hotmail.com

²Aluno do Curso de mestrado profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais

³Aluno do Curso de graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Rede de Ensino Doctum, Juiz de Fora, Minas Gerais

⁴Aluno do Curso de graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais

⁵Doutorado em Ciências Biológicas – Microbiologia aplicada, Pesquisador A, Embrapa Gado de Leite

devido à complexidade desse tipo de fluido, são escassos os dados sobre suas propriedades reológicas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a viscosidade dinâmica aparente do esterco bovino em diferentes concentrações de sólidos totais (8%, 6% 4%), com a finalidade de projetar um agitador mecânico de fluidos e determinar suas condições de operação para um biodigestor piloto com capacidade de 60L.

Metodologia

A. Local do trabalho

O esterco utilizado foi coletado do sistema de produção de leite do campo experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco, MG – Retiro “GENIZINHA”, que maneja animais da raça Girolando, com peso a cerca de 500 Kg e dieta baseada em concentrado (mistura de 60% de grãos de milho, 36% de grãos de soja, 3% de núcleo mineral e 1% de ureia), silagem de milho, pastagem e sal mineral, sendo a média adotada de 3,5 kg, 20 kg, 40 kg e 150 g por dia, respectivamente.

As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Rúmen, na Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

B. Procedimento

Os experimentos foram realizados com diferentes lotes de esterco, coletados em dias diferentes com 25,19% (esterco 1), 12,44% (esterco 2) e 11,91% (esterco 3) de sólidos totais.

O esterco foi peneirado e diluído, para obter teores de 6% (esterco 1), 8% e 4% (esterco 2) de sólidos totais [8].

A densidade das diluições (esterco 3) foi medida empiricamente, com base na

relação existente entre massa e volume. As análises foram realizadas em triplicata.

A viscosidade aparente das diluições foi medida utilizando um viscosímetro digital rotacional Visco Basic Plus R da série VBCR220756 (FUNGILAB S.A), cujo funcionamento baseia-se na medição do torque de um fuso rotativo em uma amostra a uma velocidade específica^[9]. As medições foram realizadas utilizando a combinação entre as velocidades de trabalho (0,3 a 100 rpm) com cada um dos seis fusos padrões (R2, R3, R4, R5, R6, R7), considerando válidas as medidas com certeza acima de 15% ^[10]. A cada medição o esterco foi submetido a agitação manual.

As condições de operação do agitador foram determinadas com base na equação de Bernoulli referente ao balanço de energia mecânica ^[11].

C. Análise Estatística

Para análise estatística utilizou-se o teste t-Student, ao nível de significância de 5% ($\alpha= 5\%$), via Sistema Computacional Estatístico R ^[12].

Resultados e Discussões

As características físicas do dejetto bovino, densidade e viscosidade, são parâmetros utilizados para o cálculo de agitadores mecânicos. As variações para sólidos totais, em relação ao valor alvo (8%, 6% e 4%), ocorrem naturalmente em função da ausência de homogeneidade da amostra, o que retrata um obstáculo ao processo de diluição (Tabela 1).

Tabela 1: Densidade (ρ) e viscosidade aparente (μ_{ap}) de dejetto bovino diluído em diferentes concentrações de sólidos totais (ST)

%ST	ρ (Kg/m ³)	%ST	μ_{ap} (Pa.s)	%Certeza	Velocidade (rpm)	Fuso
8,83 ± 0,29	1019,0	8,42 ± 0,70	0,9735	97,4	6	R3
6,50 ± 0,01	1018,6	6,19 ± 0,29	0,2000	50,1	100	R2
4,83 ± 0,29	1012,8	4,21 ± 0,35	0,0702	17,2	100	R3

Apesar disso, as variações nos teores de sólidos totais para cada uma das concentrações, não representam diferenças significativas entre si ($p > 0,05$) e, então, as medidas de viscosidade e densidade podem ser relacionadas.

O conteúdo de sólidos totais é apontado como de pouca influência na densidade [13], ainda que observada uma diminuição com o decréscimo dos sólidos totais (Tabela 1).

Embora os dados sobre o comportamento reológico para este tipo de fluido sejam limitados, a viscosidade aparente aumentou com o aumento do teor de ST, o que está de acordo com alguns trabalhos na literatura [3],[13]. Contudo, a porcentagem de certeza da viscosidade mensurada diminuiu com o aumento das diluições, o que pode estar relacionado à adição de água, que afeta a relação entre os componentes do esterco e a magnitude da

viscosidade [3]. Para a confecção adequada do agitador foi utilizado o valor de viscosidade e densidade referente à maior concentração de ST, visto que este sistema representa maior resistência ao processo de agitação. Para valores de viscosidade dinâmica inferiores a 1,0 Pa.s, o impulsor de hélice é o mais indicado, sendo o diâmetro para o impulsor de 0,1 do diâmetro total do biodigestor, ou seja, $D_i = 3 \text{ cm}$ [11].

Para fins de projeto, o agitador foi considerado um sistema de escoamento horizontal e circular em que, após certo tempo, o fluido retorna ao mesmo lugar de partida. Desta forma, a equação de Bernoulli, referente ao balanço de energia mecânica, rege o sistema do qual as informações referentes ao agitador são apresentadas (Tabela 2).

Tabela 2: Especificações do projeto do agitador

Característica	Especificação
Tipo de Impulsor	Hélice
Diâmetro mínimo do Impulsor	0,03 m
Potência por volume	83,74 W/m ³
Agitação	Suave
Potência do eixo	1,2 KW
Rotações do motor	100 a 300 rpm
Características da Fonte	12V e 5A

Conclusões

A viscosidade dinâmica aparente do esterco bovino em diferentes concentrações de sólidos totais (8%, 6% 4%), apresentou-se baixa. Isto posto o mais indicado para este tipo de biodigestor é o agitador

mecânico com impulsor de hélice, operado em agitação suave, com rotação entre 100 e 300 rpm.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(EMBRAPA GADO DE LEITE) pelo apoio financeiro e suporte técnico e a Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde de Juiz de Fora (SUPREMA) pelo empréstimo de equipamento. Ao CNPq e FAPEMIG.

Referências

- [1] JÚNIOR, M. A. P.O.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J.L. Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p.399-410, mar. 2011.
- [2] WARD, A. J. et al. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 99, n. 17, p.7928-7940, nov. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.044>.
- [3] ELMASHAD, H. et al. Rheological properties of dairy cattle manure. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 96, n. 5, p.531-535, mar. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.020>.
- [4] VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
- [5] BRUNETTI, F. **Mecânica dos fluidos**. 2. ed. [s.i]: Pearson Prentice Hall, 2008. 448 p.
- [6] WHITE, Frank M. **Mecânica dos fluidos**. 8. ed. Porto Alegre: Amgh, 2018.
- [7] BAUDEZ, J.C. et al. The rheological behaviour of anaerobic digested sludge. *Water Research*, [s.l.], v. 45, n. 17, p.5675-5680, nov. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.035>.
- [8] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CIRCULAR TÉCNICA 33: Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas. São Carlos, 2002.
- [9] ALMEIDA, K. M. et al. Caracterização físico-química de misturas de óleos vegetais para fins alimentares. *Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável*. [s.l.] v. 8, n.1, p. 218-222. jan/mar. 2013.
- [10] FUNGILAB (Spain). **One serie rotational viscometer: Instruction manual**, Barcelona.
- [11] MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. Unit operations of chemical engineering. New York: McGraw-hill, 1993.
- [12] R CORE TEAM (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- [13] MÖNCH-TEGEDER, M. et al. Development of an in-line process viscometer for the full-scale biogas process. *Bioresource Technology*, [s.l.], v. 178, p.278-284, fev. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.041>.