

PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE METANO – DEJETOS DE SUÍNOS

Methane volumetric yield – swine wastes

Cecília de Fátima Souza¹, Josiane Aparecida Campos², Cláudia Ribeiro dos Santos³
Waleska Soares Bressan⁴, Cristina Akemi Mogami⁵

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido para avaliar o potencial de produção de biogás de dejetos de suínos, especificamente a produção de metano. O substrato, no qual a concentração de sólidos totais foi de 6%, foi composto por dejetos sólidos diluído em água. Os dejetos foram coletados por raspagem, em instalações de terminação de suínos, compostas de baias, com paredes de alvenaria de tijolos e piso de cimento. Os suínos experimentais receberam ração balanceada à base de milho e soja. O sistema de tratamento, em escala laboratorial, foi composto por três baterias com oito biodigestores em cada, instalados dentro de caixas de cimento amianto de 500 litros, contendo 270 litros de água aquecida. Em cada caixa, uma resistência elétrica e uma bomba d'água foram instaladas para manter a temperatura e misturar a água aquecida. O sistema foi submetido a Tempos de Retenção Hidráulica (TRH) de 30, 25, 15 e 10 dias e a temperaturas de 25, 35 e 40 °C, com e sem agitação do substrato. Foi avaliado, nessas condições, o processo de degradação da matéria orgânica e a produção resultante de metano (PM). Os maiores valores de PM foram observados nos TRH de 10 dias, à temperatura de 40 °C, nos biodigestores com agitação do substrato.

Termos para indexação: Suinocultura, digestão anaeróbia.

ABSTRACT

The present work was carried out to evaluate the swine wastes biogas potential yield, specifically the methane yield. The total solid content in the substratum was 6% composed by the solid waste diluted to water. The wastes was collected by scratching, in swine ending facilities, composed by boxes, in which the walls were constructed of masonry and the floor was constructed of cement. The experimental swines received corn and soybean balanced ration. The waste treatment system, in laboratorial scale, was composed by three batteries with eight digesters each, installed inside of 500 liters asbestos boxes, containing 270 liters of heated water. In each box, an electric resistance and water pump were installed to maintain the temperature and to mix the heated water. The system was submitted to Hydraulic Retention Times (HRT) of 30, 25, 15 and 10 days and to temperatures (T) of 25, 35 and 40 °C, with and without substratum agitation. It was evaluated, under these conditions, the organic matter degradation process and resultant methane volumetric yield (MP). The largest values of MP were observed in HRT of 10 days, at the temperature of 40 °C, in the digesters with substratum agitation.

Index terms: Swine production, anaeroby digestion.

(Recebido em 3 de maio de 2004 e aprovado em 27 de outubro de 2005)

INTRODUÇÃO

A adoção de sistemas confinados de produção de suínos, juntamente com o emprego de tecnologia para aprimorar esses sistemas, têm levado a um aumento considerável do plantel e, conseqüentemente, a produção cada vez maior de dejetos, os quais constituem o resíduo proveniente da atividade suinícola. A utilização de processos anaeróbios para reduzir o poder poluente de resíduos vem se destacando, pois além de reduzir a

poluição ambiental, permite recuperar o potencial energético do resíduo em forma de fertilizante e biogás. O biogás produzido a partir da biodigestão tem inúmeras aplicações, podendo ser usado como fonte de energia, para aquecimento, movimentação mecânica, etc e seus resíduos constituem-se como importante fertilizante e condicionador do solo (BURTON E TURNER, 2003).

Na suinocultura, a quantidade de resíduos produzida depende muito do peso e da idade dos animais. As características do resíduo também são afetadas por

¹Engenharia Agrícola, Doutora em Zootecnia, Professora Adjunto – Departamento de Engenharia Agrícola/DEA – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Campus da Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – cfsouza@ufv.br

²Zootecnista, Doutoranda em Engenharia Agrícola – Departamento de Engenharia Agrícola/DEA – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Campus da Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – josianecampos77@yahoo.com.br

³Engenheira Agrônoma – Doutoranda em Engenharia Agrícola – Departamento de Engenharia Agrícola/DEA – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Campus da Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – crsantos74@yahoo.com.br

⁴Zootecnia, Mestre em Engenharia Agrícola – Departamento de Engenharia Agrícola/DEA – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Campus da Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – wbressan@hotmail.com

⁵Zootecnista, Doutoranda em Engenharia Agrícola – Departamento de Engenharia Agrícola/DEA – Universidade Federal de Viçosa/UFV – Campus da Universidade Federal de Viçosa – 36570-000 – Viçosa, MG – cmogami@yahoo.com.br

fatores como a fisiologia do animal e a composição das rações.

A quantidade total de dejetos produzidos (fezes e urina), água desperdiçada pelos bebedouros e também para a higienização do local, resíduos de ração, pêlos e poeira, decorrentes do sistema criatório, variam de acordo com o desenvolvimento ponderal dos suínos, apresentando valores decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso.dia⁻¹, considerando-se a faixa dos 15 aos 100 kg de peso vivo (OLIVEIRA, 1993).

Segundo Paula (1982), os resíduos de confinamento de suínos não podem ser lançados diretamente em cursos d'água sem antes sofrerem um tratamento, pois além da questão da poluição ambiental, ainda deve-se considerar que devido ao apreciável volume produzido, pode-se avaliar o potencial que é perdido quando não se reciclam os resíduos. Cabe salientar ainda que esse potencial energético pode ser definido pela capacidade de produção de biogás decorrente do teor de matéria orgânica digerível presente no resíduo. Konzen (1983), citou que 1m³ de esterco de suínos produz em torno de 50m³ de biogás, ou seja, aproximadamente 0,051 m³ de biogás por kg de dejetos, sendo 1m³ de biogás equivalente a 0,66 litros de diesel ou 0,7 litros de gasolina, conforme citado por Oliveira (1993).

O biogás é um gás resultante da fermentação anaeróbia (em ausência do oxigênio livre do ar) de resíduos vegetais e dejetos de animais, isto é, da degradação da matéria orgânica. O processo é biológico, envolvendo crescimento de microrganismos que dependem de condições adequadas de umidade, temperatura e acidez.

O Tempo de Retenção Hidráulica (TRH) é o tempo necessário para a mistura ser digerida no digestor, o que ocorre quando a produção de gás é máxima, definindo o ponto de melhor qualidade do biogás no processo de biodigestão anaeróbia. O tempo de retenção é determinado, num processo contínuo, pela relação entre volume do digestor e o volume diário de carga introduzida, isto é, de matéria orgânica adicionada (MAGALHÃES, 1986).

A temperatura do substrato exerce influência sobre a velocidade do processo de biodigestão anaeróbia, atuando diretamente na taxa de crescimento dos microrganismos. É comum dividi-la em três faixas: a termofílica entre 50 e 70 °C; a mesofílica, entre 20 e 45 °C; e a psicofílica, abaixo de 20°C (LUCAS JÚNIOR, 1994).

A taxa de produção de biogás depende da temperatura. Biodigestores operando na faixa termofílica produzem maior quantidade de biogás e mais rapidamente que aqueles operando na faixa mesofílica, resultando em

menores tempos de retenção, biodigestores com câmaras menores e, conseqüentemente, menores custos (LUCAS JÚNIOR, 1994).

A agitação ou homogeneização do substrato no biodigestor é outro fator importante, porque mantém um contato total e permanente das bactérias com o substrato, evitando que isso ocorra apenas no ponto de entrada da mistura no digestor, quando a operação está em carga contínua. Podem se formar no interior da mistura microbolhas de gases, principalmente CO₂, que aprisionam grande número de bactérias, impedindo a atuação das mesmas no processo de degradação, o que reforça a importância da agitação. Ainda há que se considerar a necessidade de distribuição uniforme da temperatura e da quebra da crosta formada, o que é favorecido pela agitação (MAGALHÃES, 1986).

Lucas Júnior (1998) estimou o potencial de produção de biogás a partir de dejetos suínos, usando dados referentes ao plantel da suinocultura no Brasil em 1997, em biodigestores modelo batelada, com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. Concluiu que eram produzidos 53.875.092 kg de dejetos por dia, com potencial de produção de 0,1064 m³ de biogás por kg de dejetos, o que resultou num potencial diário de produção de 5.732.310 m³ de biogás, equivalente a 191.077 botijões de 13 kg de gás GLP.

Os principais gases componentes do biogás são o metano e o gás carbônico. O metano é o combustível por excelência e o biogás é tanto mais puro quanto maior o teor de metano. O gás sulfídrico, formado no processo de fermentação, é o que dá o odor pútrido característico à mistura quando o gás é liberado, sendo também o responsável pela corrosão que se verifica nos componentes do sistema (MAGALHÃES, 1986). Há necessidade de mais estudos acerca do potencial de produção volumétrica de metano, o componente nobre do biogás, a partir dos diversos tipos de substratos disponíveis.

Considerando o exposto, o objetivo do presente trabalho foi conduzir investigação sobre o efeito do tempo de retenção hidráulica e da temperatura e agitação do substrato, sobre a produção volumétrica de metano a partir de dejetos de suínos em fase de terminação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este experimento foi conduzido, no laboratório de Biodigestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, UNESP – Campus de Jaboticabal, SP. Foram estudadas as temperaturas (T) de 25, 35, e 40°C, sob efeito ou não de agitação (Ag) com

tempos de retenção hidráulica (TRH) de 30, 25, 15 e 10 dias. Para o estudo foi projetado e construído, em escala reduzida (laboratorial), o sistema de biodigestão, no qual foram instalados o sistema de agitação do substrato, o sistema de controle da temperatura, o sistema de coleta e armazenamento do biogás e o sistema de obtenção dos dados. Foram construídas três baterias de biodigestores, cada uma com oito biodigestores de bancada, instalados dentro de caixas de fibrocimento de 500L de capacidade, cuja finalidade foi manter o volume de água necessário para permitir o aquecimento uniforme do substrato (270L) (Figura 1). Em cada caixa foi instalada uma bomba d'água, que permitiu misturar a água aquecida, sendo avaliado, em cada uma dessas caixas, o efeito de uma temperatura (25, 35, e 40 °C) sobre o processo de degradação da matéria orgânica e produção de biogás. O aquecimento da água para obtenção das referidas temperaturas foi feito por meio de resistências elétricas e o controle das mesmas por meio de termostatos. Cada biodigestor teve um gasômetro independente, dimensionado para armazenar 15L de biogás e permitir a quantificação do biogás produzido, por meio de escala graduada afixada em sua parte externa. Cada biodigestor de bancada foi confeccionado com PVC e teve volume total de 14L e volume útil de 10L, uma única câmara de digestão, com entrada do afluente localizada a 5cm do fundo e saída do efluente a 10cm abaixo do nível do substrato. O diâmetro interno foi de 20cm, a altura total de 45cm e a altura útil de 32cm. As tubulações de carga e descarga foram de PVC com diâmetro de 4cm. Para carregar cada biodigestor com 10L de afluente contendo 6% de sólidos totais, utilizou-se esterco de suíno em fase de terminação diluído em água. Após passada a fase de partida, durante a fase de operação contínua, diariamente, era

medido o deslocamento do gasômetro para determinação do volume de biogás de cada biodigestor. A análise da produção de biogás foi feita com base em dados aproximadamente constantes, num período de 20 dias consecutivos, para cada tempo de retenção hidráulica (TRH), para cada temperatura (T) e para cada nível de agitação (Ag). Foi observado que no início da aplicação da carga diária até a metade do período, a produção foi bastante inconstante, período após o qual essa carga passou a ser aproximadamente constante, tendência verificada em todos os tratamentos. Isso justificou a tomada desses dados para a análise.

As amostras do biogás foram retiradas no dia anterior ao da mudança do TRH, utilizando-se a conexão dos gasômetros com frascos herméticos de vidro, de 500mL de volume, com vácuo. As determinações dos teores de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) foram feitas utilizando-se um cromatógrafo de fase gasosa, da marca FINNNGAN, modelo GC 9001 (coluna Poropack Q, com hidrogênio como gás de arraste). A calibração do equipamento foi feita com gás padrão fornecido pela empresa White Martins, a qual apresentava composição de 55,4% de CH_4 , 35,1% de CO_2 , 7,7% de N_2 e 2,1% de O_2 . Os percentuais dos componentes foram determinados com auxílio de um integrador processador DATA JET SP4600. Considerando-se o volume útil dos biodigestores de 10L, foi determinado o potencial médio de produção volumétrica de metano.

Para a análise estatística utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados no esquema de parcelas sub-subdivididas, sendo que cada tempo de retenção hidráulica constituiu uma parcela, cada temperatura uma subparcela e a agitação uma parcela subsubdividida.

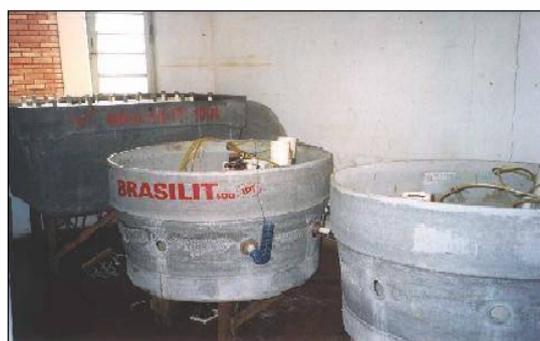
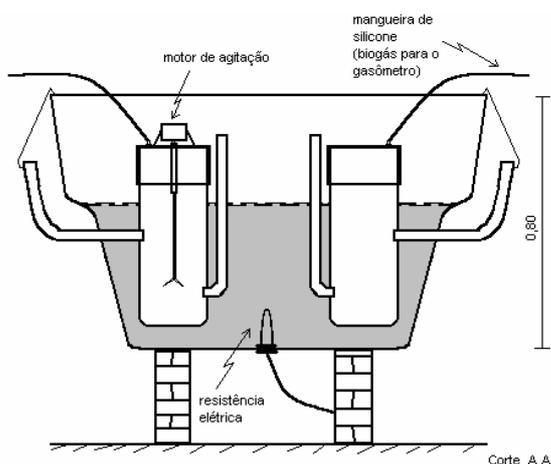


Figura 1 – Corte transversal das caixas de fibrocimento contendo os biodigestores utilizados no experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas condições em que o experimento foi conduzido, a produção volumétrica de metano média geral (PM) foi de 0,768 L de CH₄ por L de volume útil (10 L) do biodigestor por dia (=m³.m⁻³.dia⁻¹), com o desvio padrão de 0,326 m³.m⁻³.dia⁻¹.

O resumo da análise de variância, apresentado na Tabela 1, indica que houve diferença significativa entre os tratamentos, compostos pela combinação de todos os níveis dos três fatores estudados, ou seja, tempo de retenção hidráulica (TRH), temperatura (T) e agitação (Ag), com relação à produção volumétrica de metano, em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor. Da análise dos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se afirmar que os diferentes tempos de retenção hidráulica (TRH) resultaram em diferentes níveis de produção de biogás e de produção volumétrica de metano, o mesmo ocorrendo nas diferentes temperaturas (T) impostas ao substrato. A agitação do substrato (Ag) não diferenciou a produção de biogás, mas foi significativa para a produção volumétrica de metano.

As interações duplas foram todas significativas, indicando que há interferência dos tempos de retenção hidráulica sobre as temperaturas, dos tempos de retenção

hidráulica sobre os níveis de agitação e das temperaturas sobre os níveis de agitação na produção de biogás e na produção volumétrica de metano, ou seja, os fatores têm efeitos dependentes sobre a variável resposta.

Os valores dos coeficientes de variação (C.V.), apresentados na Tabela 1, indicam que o experimento foi bem conduzido com relação à produção média diária de biogás e à produção volumétrica de metano. A interação tripla significativa evidencia a interdependência entre os três fatores sobre a produção diária de biogás e produção volumétrica de metano. Na Tabela 2 constam os valores médios da variável PM, nas diferentes combinações dos fatores TRH, T e Ag.

Na Tabela 3 são apresentadas as equações de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação, para estimativa da produção volumétrica de metano (PM), em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, em função de TRH e T, nos dois níveis de agitação estudados.

Na Figura 2 são apresentadas as linhas de tendência para a produção volumétrica de metano (PM), em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, em função das variáveis Ag (sem e com) e TRH.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância referentes aos efeitos do TRH (em dias), e da T (em °C) e da agitação (Ag) sobre a produção volumétrica de metano (PM), em L de volume útil do biodigestor por dia, nos biodigestores testados.

Fontes de Variação	Quadrado Médio	
	GL	PM
Blocos	19	0,01 ^{NS}
TRH	3	3,30 ^{**}
Erro (a)	57	0,01
T	2	17,44 ^{**}
T x TRH	6	0,43 ^{**}
Erro (b)	152	0,01
Ag	1	0,19 ^{**}
Ag x TRH	3	0,19 ^{**}
Ag x T	2	0,33 ^{**}
Ag x TRH x T	6	0,04 ^{**}
Resíduo	228	0,0021
C.V. Parcela		13,62%
C.V. Sub parcela		8,41%
C.V. Sub sub parcela		6,01%

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

NS: não significativo.

Tabela 2 – Valores médios da produção volumétrica de metano (PM), em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, para as respectivas combinações dos fatores TRH, T e Ag.

TRH	Ag	Temperatura (°C)		
		25	35	40
30	Sem	0,32 a	0,82 a	0,74 a
	com	0,34 a	0,71 b	0,66 b
25	Sem	0,38 b	0,89 a	0,88 a
	Com	0,41 a	0,75 b	0,85 b
15	Sem	0,34 b	1,07 a	1,07 a
	Com	0,39 a	0,89 b	1,07 a
10	Sem	0,47 b	1,11 a	1,20 b
	Com	0,57 a	1,11 a	1,40 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, para cada TRH e cada temperatura, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 3 – Equações de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação, para estimativa da produção volumétrica de metano (PM), em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, em função de TRH e T, para os dois níveis de agitação estudados.

Ag	Eq. Ajustadas	R ²
Sem	$PM = -5 + 0,319 \times T - 0,00397 \times T^2 + 0,0188 \times TRH + 0,0000792 \times TRH^2 - 0,00109 \times T \times TRH$	0,952
Com	$PM = -1,797 + 0,126 \times T - 0,000760 \times T^2 - 0,00269 \times TRH + 0,000987 \times TRH^2 - 0,00174 \times T \times TRH$	0,942

* Significativo a 5% pelo teste “t”.

** Significativo a 1% pelo teste “t”.

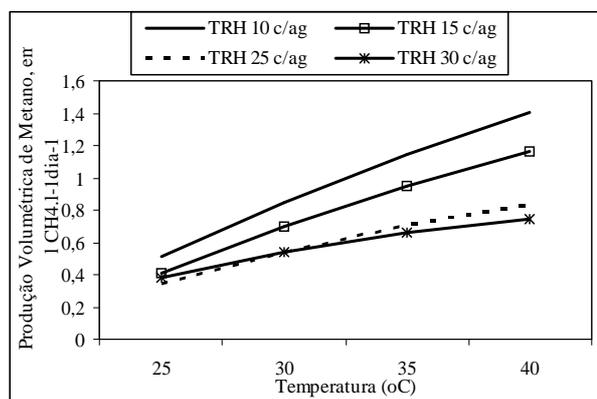
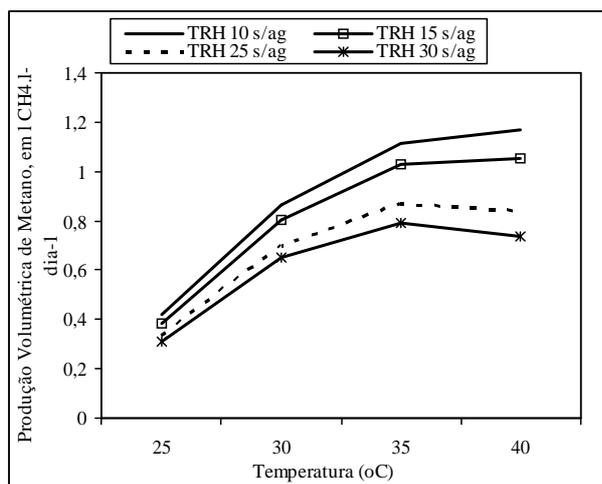


Figura 2 – Linhas de tendência para a produção volumétrica de metano (PM), em L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, em função das variáveis Ag (sem e com) e TRH.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 2 e na Figura 2, observa-se que a redução do tempo de retenção hidráulica resultou em produção volumétrica de metano significativamente maior. Isso se deve ao fato de que, para os menores TRHs, as cargas orgânicas volumétricas são maiores, causando aumento na produção de metano. A redução do TRH de 30 para 10 dias causou aumento médio de 48,14 % na produção volumétrica de metano, na ausência de agitação, e de 78,7% na presença desta. Na temperatura de 40 °C, a redução do TRH de 30 para 10 dias resultou em aumento na produção volumétrica de metano de 0,46 e 0,74 L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, nos tratamentos sem e com agitação do substrato, respectivamente, enquanto nas temperaturas de 35 e 25 °C esses aumentos foram de 0,29 e 0,40 e de 0,15 e 0,23 L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia, respectivamente.

Quanto à temperatura, pode-se dizer que de 25 °C para 40 °C houve aumento de aproximadamente 155% na produção volumétrica de metano. Dentro do TRH de 15 dias, foram observados os maiores aumentos na produção volumétrica de metano, quando se aumentou a temperatura de 25 para 40 °C, da ordem de 215%, na ausência de agitação, e de 174% na presença desta. Os menores aumentos foram observados no TRH de 30 dias, da ordem de 131%, na ausência de agitação, e de 94% na presença desta.

Pode-se ainda verificar que houve diferença significativa na produção volumétrica de metano, devido ao efeito da agitação, para cada TRH estudado, observando-se que a maior redução na produção, da ordem de 16,7%, ocorreu de com para sem agitação, no TRH de 10 dias, na temperatura de 40 °C. Em geral, a agitação favoreceu a produção volumétrica de metano para os TRHs mais baixos.

Em adição ao exposto pode-se verificar que houve diferença significativa na produção volumétrica de metano, devido ao efeito da agitação, em função da temperatura, observando-se os maiores valores nos biodigestores com agitação, na temperatura de 40 °C.

Hill (1982), trabalhando com modelagem e simulação do processo de biodigestão anaeróbia, registrou tendência de aumento da produção volumétrica de metano no biogás, com elevação da temperatura imposta ao substrato, de 20 para 45 °C. Tais resultados condizem com os verificados no presente trabalho.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados experimentais obtidos, nas condições em que foi conduzido o experimento,

concluiu-se que:

O sistema de biodigestão anaeróbia, montado em escala laboratorial, para estudo do efeito do tempo de retenção hidráulica e da temperatura e agitação do substrato, sobre a produção volumétrica de metano a partir de dejetos de suínos em fase de terminação, foi eficiente, pois permitiu a condução de experimento com coeficientes de variação satisfatórios para os vários parâmetros analisados.

Houve diferença significativa na produção de biogás e na produção volumétrica de metano (PM), devido à diminuição do TRH e ao aumento da temperatura. Os maiores valores de PM (1,40 L de CH₄ por L de volume útil do biodigestor por dia) foram observados no TRH de 10 dias, na temperatura de 40 °C, nos biodigestores sem agitação do substrato. Nos TRHs mais baixos, a agitação do substrato favoreceu a PM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURTON, C.H.; TURNER, C. **Manure management: treatment strategies for sustainable agriculture**. 2. ed. Silsoe: Silsoe Research Institute, 2003. 451 p.

HILL, D. T. Design of digestion systems for maximum methane production. **Transactions of the ASAE**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 226-236, 1982.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização de dejetos de suínos**. Brasília, DF: Embrapa Suínos e Aves, 1983. (Circular técnica, 6).

LUCAS JÚNIOR, J. **Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios**. 1994. 137 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano**. São Paulo: Nobel, 1986. 120 p.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Brasília, DF: Embrapa Suínos e Aves, 1993. (Circular técnica, 27).

PAULA, I. F. **Tratamento biológico de águas residuárias de abatedouro de suínos**. 1982. 206 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.