

DESEMPENHO DE REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE COM MANTA DE LODO EM DOIS ESTÁGIOS TRATANDO ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA

A.M.DE SANTANA¹, R.A DE OLIVEIRA²

1-Bióloga, Doutoranda em Microbiologia Agropecuária, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV-UNESP, Jaboticabal, Depto. de Engenharia Rural; Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Cep. 14884-900 -Jaboticabal/SP, (016)3209-2637, e-mail: adrimis@fcav.unesp.br
2-Engenheiro Agrônomo e Tecnólogo em Construção Civil, Prof. Assist. Doutor. Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP – Jaboticabal/SP; oliveira@fcav.unesp.br

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de dois reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em escala piloto com volumes de 908 L e 188 L, instalados em série, alimentados com águas residuárias de suinocultura com concentrações médias de sólidos suspensos totais (SST) variando de 2216 mg L⁻¹ a 7131 mg L⁻¹ e submetidos a tempos de detenção hidráulica (TDH) de 62,3 e 31,1 h, no primeiro reator, e de 12,9 e 6,5 h, no segundo reator. As eficiências médias de remoção de DQO_{total} variaram de 74,0% a 89,6% no Reator 1 e de 34,3% a 45,1% no Reator 2, resultando em valores médios de 86,6% a 93,1% para o sistema de tratamento em dois estágios, com carga orgânica volumétrica (COV) na faixa de 3,40 a 14,44 kg DQO_{total} m⁻³ reator d⁻¹ no primeiro reator. Para a remoção de SST as eficiências variaram de 85,6 a 87,8 % para o sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios.

PALAVRAS-CHAVE: digestão anaeróbia, reator UASB, resíduos de suínos

PERFORMANCE OF TWO-STAGE UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET REACTORS TREATING SWINE WASTEWATER

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the acting of two upflow anaerobic sludge blanket reactors (UASB) in pilot scale with volumes of 908 L and 188 L, installed in series, fed with swine wastewater with medium concentrations of total suspended solids (TSS) ranging of 2216 mg L⁻¹ to 7131 mg L⁻¹ and submitted to hydraulic detention times (HDT) of 62.3 and 31.1 h, in the first reactor, and of 12.9 and 6.5 h, in the second reactor. The removal efficiency of CDO_{total} ranging from 74.0% to 89.6% in the Reactor 1 and of 34.3% to 45.1% in the Reactor 2, resulting in average values from 86.6% to 93.1% the treatment system in two stage with organic volumetric load (OVL) ranging from 3.40 to 14.44 kg COD_{total} m⁻³ reactor d⁻¹ in the Reactor 1. For the removal of TSS efficiency they varied from 85.6 to 87.8% to the system of two stages treatment anaerobic.

KEYWORDS: anaerobic digestion, UASB reactor, swine waste.

INTRODUÇÃO: As águas residuárias de suinocultura apresentam altas concentrações de sólidos suspensos orgânicos provocando impactos ambientais acentuados em várias regiões do Brasil bem como em outros países (OLIVEIRA, 1997). O reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), hoje é uma tecnologia bem estabelecida para o tratamento de uma ampla variedade de resíduos gerados pelas atividades humanas e (CHERNICHARO, 1997) e agropecuárias. No entanto, os reatores UASB, assim como outros reatores anaeróbios de alta taxa, apresentam limitações para o tratamento de águas residuárias com altas concentrações de sólidos suspensos (acima de 6000 mg L⁻¹) (LETTINGA & HULSHOFF-POL, 1991). As principais limitações dos reatores anaeróbios para o tratamento de afluentes com altas concentrações de sólidos suspensos estão relacionadas à hidrólise dos sólidos orgânicos. A utilização do processo anaeróbio em dois estágios com reatores UASB pode propiciar melhor desempenho na remoção de sólidos suspensos orgânicos, incrementando a hidrólise no primeiro reator, e conferir maior estabilidade ao sistema de tratamento, alcançando altas eficiências de remoção da matéria orgânica (OLIVEIRA, 2001). Considerando estas possibilidades, neste trabalho avaliou-se o desempenho de reatores UASB em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura

com concentrações de sólidos suspensos totais crescentes de 2216 mg L⁻¹ a 7131 mg L⁻¹ variando o tempo de detenção hidráulica de 62,3 h e 31,1 h no primeiro reator e 12,9 e 6,5 h no segundo reator.

MATERIAL E MÉTODOS: O sistema foi instalado na área experimental de Digestão Anaeróbia do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Jaboticabal. O sistema ilustrado na Figura 1, é constituído por dois reatores UASB, com volumes de 908 L (primeiro estágio-R1) e 188 L (segundo estágio-R2). Também foram montadas caixas para preparação (peneiramento e diluição) dos dejetos de suínos, caixas para armazenamento do afluente com agitação e bomba helicoidal para alimentação dos reatores UASB. O sistema foi operado por cerca de 200 dias, com tempos de detenção hidráulica (TDH) de 62,3 e 31,1 h para o primeiro reator e 12,9 e 6,5 para o segundo reator. O esterco de suínos foi coletado em confinamento na fase de terminação, peneirado e diluído para a obtenção de concentração de sólidos suspensos totais (SST) em torno de 2,0 g L⁻¹ a 7,0 g L⁻¹. As determinações realizadas nos afluentes e efluentes neste trabalho foram: DQO_{total}, DQO_{dissolvida}, DQO_{ss}, SST e SSV de amostras compostas com sub-amostras de 50 mL, coletadas a cada 1 hora, no período de 7:30 h as 13:30 h, duas vezes por semana, e foram realizadas de acordo com APHA, AWWA, WPCF (1992) e OLIVEIRA (1997).

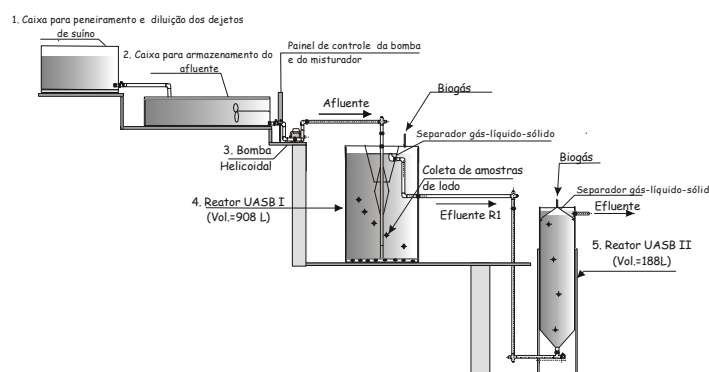


FIGURA 1. Corte longitudinal esquemático do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios, com reator UASB de 908 L (R1), e de 188 L (R2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 observa-se que os valores médios de SST e SSV do afluente do R1 foram crescentes, respectivamente, para os ensaios 1 a 4. Nos ensaios 1 e 2, as concentrações médias de SST foram de 2216 e 2803 mg L⁻¹, respectivamente. Nos ensaios 3 e 4, os valores médios aumentaram para 4300 e 7131 mg L⁻¹, respectivamente. KALYUZHNYI et al. (2000) citaram concentrações de sólidos totais (ST), nas águas residuárias de suinocultura, de 0,5 a 4,0 %. SOUZA (2001) realizou levantamento das características das águas residuárias de suinocultura de várias granjas e encontrou valores de ST de 24133 a 85264 mg L⁻¹ e DQO de 61972 a 94000 mg L⁻¹. Neste trabalho foram utilizadas concentrações médias de SST do afluente de 2216 a 7131 mg L⁻¹, considerando-se instalações de criação de suínos em confinamento com uso intensivo de água para a higienização e/ou com a separação mecânica preliminar das frações sólidas e líquidas das águas residuárias de suinocultura. Os valores médios da DQO_{total} do afluente do R1 variaram de 8818 a 18717 mg L⁻¹, para a DQO_{dissolvida} de 2073 a 5429 mg L⁻¹ e para a DQO_{ss} de 5519 a 13288 mg L⁻¹. Nas águas residuárias de suinocultura utilizadas observaram-se valores médios da relação DQO_{total}/SST variando de 2,6 a 4,0 e de DQO_{ss}/DQO_{total} de 0,57 a 0,77, indicando a predominância de sólidos suspensos orgânicos. Houve variações mais acentuadas na DQO_{total} e SST do afluente do R1 nos ensaios 1 e 4. Apesar dessas variações observaram-se concentrações estáveis de DQO_{total} e SST para cada ensaio nos efluentes dos reatores 1 e 2, propiciando os altos valores de eficiência de remoção de DQO_{total} e SST observados para os reatores UASB em dois estágios (Tabela 2). No ensaio 1, a eficiência média de remoção de DQO_{total} no Reator 1 foi de 80,3%. Nos ensaios 2 e 3, a eficiência de remoção de DQO_{total} no R1 permaneceu praticamente constante com valores de 87,7 e 89,6%, respectivamente. No ensaio 4 houve aumento no valor médio da concentração de DQO_{total} no efluente do R1 para 5066 mg L⁻¹, resultando em queda da eficiência de remoção para 74,0%, para o conjunto de reatores (R1 + R2), pôde-se obter eficiência de remoção de DQO_{total} em torno de 90% (Tabela 2). Os valores médios da DQO_{dissolvida} do efluente do R1 nos ensaios 1 ao 4 aumentaram, respectivamente, de 363 para 817 mg L⁻¹,

contudo, apresentando variação na eficiência de remoção de $DQO_{dissolvida}$, de 80,2 a 88,0%. Para o conjunto de reatores (R1 + R2) a remoção de $DQO_{dissolvida}$ variou de 90,5% a 94,4%. A DQO devido à fração de sólidos suspensos (DQO_{ss}), resultante da diferença entre a DQO_{total} e dissolvida, correspondeu na média de 71,0 e 76,5% da DQO_{total} do afluente do R1 para os ensaios 1 e 4, respectivamente, resultados este similares aos obtidos por OLIVEIRA (1997) e PEREIRA (2003), que trabalharam com águas residuárias de suinocultura em reator UASB e obtiveram DQO_{ss} entre 66 a 80% e 70 a 75%, respectivamente. A eficiência média de remoção de DQO_{ss} no R1 variou de 69,4 a 91,8%, apresentando menores valores no ensaio 4, como ocorreu para DQO_{total}

TABELA 1. Valores médios da DQO total, dissolvida e devido aos sólidos suspensos, sólidos suspensos totais e voláteis dos afluentes e efluentes, tempo de detenção hidráulica (TDH) e carga orgânica volumétrica (COV), em relação à DQO_{total} , obtidos durante a operação do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios, Reator 1 (R1) e Reator 2 (R2), nos ensaios 1, 2, 3 e 4

Parâmetros		Ensaio			
		1	2	3	4
TDH (h)	R1	62,3	31,1	62,3	31,1
	R2	12,9	6,5	12,9	6,5
COV ($kg\ DQO_{total}\ m^{-3}\ reator\ d^{-1}$)	R1	3,40	7,43	5,33	14,44
	R2	2,25	3,99	2,44	18,70
DQO_{total} ($mg\ L^{-1}$)	Afluente	8818	9625	13844	18717
	R1	1207	1080	1309	5066
	R2	699	599	818	2667
$DQO_{dissolvida}$ ($mg\ L^{-1}$)	Afluente	2073	4107	5656	5429
	R1	363	469	676	817
	R2	155	301	307	527
DQO_{ss} ($mg\ L^{-1}$)	Afluente	6745	5519	8188	13288
	R1	844	611	633	4249
	R2	544	299	510	2141
SST ($mg\ L^{-1}$)	Afluente	2216	2803	4300	7131
	R1	531	480	862	1700
	R2	300	332	534	864
SSV ($mg\ L^{-1}$)	Afluente	1911	2545	3483	5806
	R1	398	457	757	1403
	R2	230	289	455	701

TABELA 2. Valores médios das eficiências de remoção de DQO , SST e SSV, obtidos durante a operação do sistema de tratamento anaeróbio em dois estágios, Reator 1 (R1) e Reator 2 (R2) e no conjunto Reator 1 + Reator 2 (R1+R2), nos ensaios 1, 2, 3 e 4

Ensaio	Reator	Eficiência de remoção (%)				
		DQO			Sólidos Suspensos	
		Total	Dissolv.	SS	Totais	Voláteis
1	R1	80,3	80,2	82,3	72,8	75,4
	R2	44,8	57,2	51,0	44,3	46,1
	R1+R2	89,0	91,4	89,7	86,5	88,2
2	R1	87,7	87,2	85,1	81,4	79,7
	R2	40,5	37,6	59,0	30,4	34,7
	R1+R2	92,7	91,8	92,6	87,8	87,8
3	R1	89,6	88,0	91,8	80,1	75,4
	R2	34,3	50,5	34,6	33,6	37,3
	R1+R2	93,1	94,4	89,1	87,3	85,6
4	R1	74,0	84,9	69,4	73,4	73,5
	R2	45,1	32,9	43,5	46,0	47,6
	R1+R2	86,6	90,5	85,0	85,6	86,7

Para o conjunto de reatores (R1 + R2) a remoção da DQO_{ss} variou de 85,0 a 92,6%. No Reator 2, nos quatro ensaios, houve aumento nos valores médios da DQO_{total} do efluente de 599 para 2667 $mg\ L^{-1}$ e, conseqüentemente, queda da eficiência de remoção, do ensaio 1 para o ensaio 3, de 44,8 para 34,3%. No ensaio 4 houve aumento de eficiência para 45,1%. Com a diminuição do TDH de 12,9 para 6,5 h, observou-se no

efluente do R2 aumento nos valores médios de $DQO_{dissolvida}$ de 155 para 301 $mg\ L^{-1}$, e de 307 para 527 $mg\ L^{-1}$, respectivamente, nos ensaios 1 e 2, e 3 e 4, resultando em queda de eficiência de remoção de 57,2 para 37,6% e de 50,5 para 32,9%, respectivamente. A eficiência média de remoção de DQO_{ss} no reator 2 apresentou variações acentuadas, de 34,6% a 59,0%. Os menores valores de eficiência de remoção de DQO_{total} (86,6%), $DQO_{dissolvida}$ (90,5%) e DQO_{ss} (85,0%) foram observadas no ensaio 4, com as maiores COV aplicadas, de 14,44 $kg\ DQO_{total}\ m^{-3}\ reator\ d^{-1}$ no Reator 1 e 18,70 $kg\ DQO_{total}\ m^{-3}\ reator\ d^{-1}$ no R2. Observou-se que a eficiência média de remoção de SST e SSV do sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios (R1 + R2) foi alta e manteve-se praticamente constante durante os ensaios do experimento, com valores médios variando de 85,6 a 87,8% para SST e de 85,6 a 88,2% para SSV. Verificou-se no ensaio 4, a diminuição da eficiência média de remoção de sólidos suspensos no R1, enquanto no R2 aumentava (Tabela 2), absorvendo as variações de carga impostas na saída do R1, mantendo assim estável a eficiência do sistema de tratamento em dois estágios.

CONCLUSÕES: Os reatores UASB foram eficientes na remoção de DQO total, alcançando valores médios de 74,0 a 89,6% para o reator 1 e 34,3 a 45,1% para o reator 2. Para a remoção de sólidos suspensos totais a eficiência foi de 72,8 a 81,4% para o reator 1, e de 30,4 a 46,0%, para o reator 2. Considerando-se o sistema de tratamento anaeróbico em dois estágios (R1+R2), observou-se maior eficiência na remoção de DQO e sólidos suspensos com valores médios acima 86,6 % de remoção. Com a utilização dos reatores UASB em dois estágios, pôde-se observar maior estabilidade para as eficiências de remoção, havendo portanto, maior capacidade de assimilar as variações impostas ao sistema pelas alterações nas condições ambientais e das características das águas residuárias de suinocultura.

AGRADECIMENTOS: à FAPESP e a TIGRE S.A. Tubos e conexões, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- APHA/AWWA, WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 15.ed. Washington, 1992. 1.268 p.
- CHERNICHARO, C.A.L. de. *Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Polytécnica. 1997. 246p.
- KALYUZHNYI, S.; SKLYAR, V. Integrated mechanical, biological and physic-chemical treatment of liquid manure streams. *Water Science and Technology*, v.41, n.12, p.188-182, 2000.
- LETTINGA, G.; HULSHOFF POL, L. W. UASB – Process design for various types of wastewaters. *Water Science and Technology*, v. 24, n.8, p.87-107, 1991
- OLIVEIRA, R.A. de. Efeito da concentração de sólidos suspensos do afluente no desempenho e características do lodo de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo tratando águas residuárias de suinocultura. 1997. 389 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997
- OLIVEIRA, R.A. de. Efeito da carga hidráulica volumétrica, da temperatura climatológica e do descarte do excesso de lodo da manta no desempenho de reatores UASB tratando águas residuárias de suinocultura: Relatório final de pesquisa CPA/UNESP, Jaboticabal, FCAV - UNESP, 2001. 125 p.
- PEREIRA, E.R. *Desempenho e caracterização microbiana do processo de dois estágios com reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura*. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- SOUZA, C.F. *Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos: obtenção de dados e aplicação no desenvolvimento de um modelo dinâmico de simulação da produção de biogás*. 2001. 140 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.