

AValiação DO COMPORTAMENTO DE UM SUBSTRATO SINTÉTICO E DE UM EFLUENTE DE SUINOCULTURA NO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE REATORES UASB

Vanessa Riani Olmi^{1,2}
Aline Mara Barbosa Pires¹
Alcinéia de Lemos Souza Ramos^{1,3}
Oswaldo Kameyama¹
Ismael Maciel de Mancilha^{1,4}
Frederico José Vieira Passos¹

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de reatores UASB alimentados com efluente natural de suinocultura (controle) e substrato sintético, empregando-se dois níveis de cargas biológicas para cada substrato (0,2 e 0,4 kgDQO.KgSVT⁻¹.d⁻¹), com a finalidade de avaliar o uso de substrato sintético como substituto ao efluente natural de suinocultura, em experimentos onde seja difícil sua utilização. Os resultados mostraram que o substrato sintético apresentou um comportamento bastante similar ao controle, observando-se que os reatores alcançaram o regime permanente após aproximadamente 40-45 dias de operação. Para ambos os substratos, quanto maior a carga orgânica volumétrica aplicada, menor a eficiência de remoção de DQO alcançada. A similaridade no comportamento, tanto em relação à remoção de matéria orgânica, quanto à estabilidade do sistema, aponta para a possibilidade da utilização de substrato sintético em experimentos de avaliação de sistemas de tratamento de efluente de suinocultura.

Palavras-chave: efluente de suinocultura, substrato sintético, simulação, reator UASB.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF A SYNTHETIC MEDIA AND SWINE WASTEWATER IN THE ANAEROBIC TREATMENT OF UASB REACTORS

The present work aimed to evaluate the performance of UASB reactors fed with natural swine wastewater (control) and a synthetic media, using two levels of biological loading rate for each media (0,2 and 0,4 kgCOD.kg VTS⁻¹.d⁻¹), with the purpose of evaluating the use of the synthetic media as a substitute to swine wastewater in experiments where its use is not viable. The results showed that the synthetic media presented a similar behavior to the control. The reactors reached the steady state after approximately 40-45 days of operation. For both medias, the larger the organic loading rate applied, the smaller the efficiency of COD removal reached. The similarity in the behavior, in relation to the removal of organic matter and the stability of the system, justifies the use of the synthetic media as a model for the evaluation of swine wastewater treatment systems.

Key words: swine wastewater, synthetic media, simulation, UASB reactor.

¹ Departamento de Tecnologia de Alimentos - UFV. E-mail: vroli@hotmai.com

² Setor de Agroindústria - CEFETRP

³ Departamento de Tecnologia Rural e Animal - UESB

⁴ Faculdade de Engenharia Química de Lorena - Faenquil

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de grande potencial poluidor, devido à quantidade e às características do efluente gerado, destacando-se a elevada concentração de matéria orgânica, bem superior à dos efluentes de diversas outras atividades agroindustriais (Bohnenberger, 2001; Lomas *et al.*, 2000; Perdomo & Lima, 1998; Sánchez *et al.*, 2002).

O volume, a composição físico-química e a concentração dos efluentes produzidos em uma suinocultura dependem do manejo, do tipo de bebedouro, do sistema de higienização adotado, da frequência e do volume de água utilizado, bem como de aspectos nutricionais, do número e da categoria de animais (Oliveira *et al.*, 1993; Perdomo & Lima, 1998; Sánchez *et al.*, 2002).

O tratamento anaeróbio é uma tecnologia adequada ao tratamento de efluentes de animais, que se caracterizam geralmente por alto conteúdo de sólidos e de matéria orgânica (Lomas *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2005b; Sánchez *et al.*, 2002; Zhang *et al.* 1997). Os sistemas anaeróbios de tratamentos vêm ganhando destaque em nível mundial e principalmente em países tropicais, como o Brasil, onde as condições climáticas são favoráveis (Borzacconi *et al.*, 1995; Oliva *et al.*, 1995).

O emprego de sistemas de alta taxa permite que os reatores anaeróbios possam ser operados com muito tempo de retenção celular e pouco tempo de detenção hidráulica, otimizando-os técnica e economicamente (Bello-Mendoza & Castillo-Rivera, 1998; Chernicharo, 1997). Além disso, os sistemas anaeróbios possuem outras vantagens, como baixo custo de implantação e operação, geração de energia através da produção de biogás, pouca geração de lodo e pequeno requerimento de área, tornando-os mais atrativos para agroindústrias de pequeno porte quando comparados aos sistemas aeróbios de tratamento (Beal & Raman, 2000; Nebot *et al.*, 1995; Zhang *et al.* 1997).

O reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é o sistema anaeróbio de alta taxa mais utilizado (Figura 1). Várias unidades em escala real estão implantadas em diferentes países. O processo consiste essencialmente de um fluxo ascendente de efluente por meio de um leito de lodo denso e de elevada atividade biológica. O perfil de sólidos no reator varia de muito

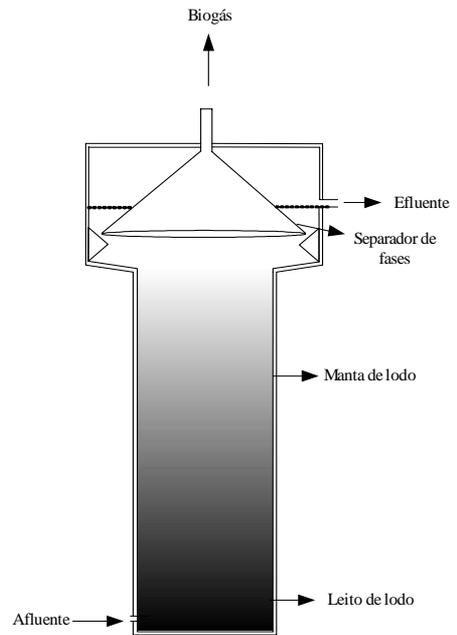


Figura 1. Representação esquemática do reator UASB

denso e com partículas granulares de elevada capacidade de decantação, próximas ao fundo (leito de lodo), até um lodo mais disperso e leve, próximo ao topo do reator (manta de lodo). O separador de fases divide o reator em zona de digestão anaeróbia, onde ocorre a formação do leito e da manta de lodo, e zona de sedimentação, onde as partículas que se desgarram da manta de lodo se sedimentam e retornam à zona de digestão, em vez de serem arrastadas para fora do sistema. A mistura do sistema é promovida pelo fluxo ascendente do efluente e pelas bolhas de gás geradas (Lomas *et al.*, 2000; Seghezzi *et al.*, 1998; van Haandel & Lettinga, 1994). Vários autores reportam estudos avaliando o desempenho de reatores UASB tratados com efluentes de suinocultura (Cintoli *et al.*, 1995; Ferreira *et al.*, 2003; Junior *et al.*, 1999; Olmi, 2002; Sánchez *et al.*, 1995; Sánchez *et al.*, 2005a; b; Sánchez *et al.*, 2002).

O efluente de suinocultura, na forma natural, apresenta alguns compostos considerados tóxicos à microbiota responsável pela digestão anaeróbia, como antibióticos, amônia, sulfato e alguns metais (zinco, cobre, etc). Dessa forma, para se avaliar o efeito desses compostos sobre o lodo anaeróbio, é importante que esses fatores, naturalmente presentes nesse tipo de efluente, sejam eliminados, o que pode ser obtido por meio de substratos sintéticos isentos desses compostos.

Além disso, o substrato sintético apresenta menores variações em suas características físico-químicas e microbiológicas, sendo de mais fácil obtenção, armazenamento e manuseio.

Alguns autores apresentam estudos avaliando o efeito de compostos, como alumínio e cálcio, sobre o desempenho da microbiota de reatores UASB, utilizando substratos sintéticos como substitutos de efluentes naturais (Yu *et al.*, 2001a; b; Yue-Gen & Tay, 1997).

Este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de um reator UASB tratado com efluente natural de suinocultura no intuito de substituí-lo por substrato sintético onde é difícil a utilização do natural.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se o desempenho de reatores UASB alimentados com efluente natural de suinocultura (controle) e substrato sintético, empregando-se dois níveis de cargas biológicas para cada substrato, (Tabela 1). A carga biológica refere-se à quantidade em massa de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator, por unidade de biomassa presente no reator e expressa em termos de sólidos voláteis totais (SVT).

O efluente natural de suinocultura foi coletado na Granja Novo Suíno, localizada no bairro Viroleira, em Viçosa-MG. Para a coleta, foi utilizado o método de

Tabela 1. Carga biológica aplicada em cada reator UASB.

Carga Biológica (kgDQO.KgSVT ⁻¹ .d ⁻¹)	Reator	
	Efluente Natural	Substrato Sintético
0,2	A	B
0,4	C	D

amostragem composta, proporcional à vazão, de modo que se pudesse obter uma amostra representativa. A vazão foi monitorada em intervalos de 30 minutos. As amostras de efluentes, coletadas em cada setor da Granja, foram homogeneizadas, decantadas por 30 minutos, filtradas, novamente homogeneizadas e, finalmente, estocadas a 0°C, para que suas características não fossem alteradas. Para a condução dos experimentos, foram efetuadas duas coletas.

O substrato sintético foi formulado baseando-se

em informações disponíveis na literatura (Yu *et al.*, 2001b) e na composição físico-química do efluente natural de suinocultura, conforme mostrado na Tabela 2.

Os reatores foram confeccionados em PVC, dimensionados em escala de bancada com volume útil de 2.050 mL, e operados em sistema contínuo de

Tabela 2. Composição do substrato sintético

Constituintes	Concentração (mg.L ⁻¹)
Peptona	800
Glicose	2720
Extrato de carne	560
Bicarbonato de sódio, NaHCO ₃	2.500
Cloreto de cálcio, CaCl ₂ .2H ₂ O	38
Sulfato de magnésio, MgSO ₄ .7H ₂ O	42
Cloreto de amônio, NH ₄ Cl	320
Sulfato ferroso, FeSO ₄	32
Fosfato de potássio monobásico, KH ₂ PO ₄	80

alimentação, com auxílio de bombas peristálticas.

O lodo de sementeira utilizado para a partida dos reatores foi obtido em uma agroindústria da região, que emprega o processo anaeróbico para tratamento de seus efluentes. O volume de lodo adicionado a cada reator foi calculado com base na carga biológica do sistema, de forma que pudesse ser igual para reatores que operavam com o mesmo fluxo e diferentes substratos de alimentação.

Para a avaliação do desempenho dos sistemas, estudou-se a remoção da DQO na saída de cada reator, em intervalos de 1 a 4 dias, considerando-se que o sistema havia atingido o regime permanente quando a diferença na porcentagem de remoção de DQO entre pelo menos três coletas consecutivas não ultrapassou 3%.

As amostras de efluente natural e substrato sintético foram analisadas, antes e após o tratamento biológico, quanto à demanda química de oxigênio (DQO), teor de sólidos sedimentáveis (SSd), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e voláteis (STV), alcalinidade (Al) e pH, de acordo com os métodos recomendados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas do substrato sintético e do efluente natural de suinocultura bruto e filtrado, em ambas as coletas. Pelos dados apresentados na Tabela 3, observa-se que tanto o substrato sintético quanto o efluente de suinocultura possuem alta concentração de DQO, principalmente o efluente da segunda coleta. A variação observada é normal para efluentes desta natureza, uma vez que suas características dependem de vários fatores, dentre eles o grau de diluição. Os dados obtidos estão de acordo com a maioria dos resultados reportados na literatura (Cintoli *et al.*, 1995; Lomas *et al.*, 2000; Olmi, 2002;

Sánchez, 2005a; Sánchez, 2005b; Sánchez, 2002).

Observa-se ainda que a etapa de pré-tratamento (decantação e filtração) promoveu uma redução na DQO do efluente de suinocultura de 11,3% e de 19,7% para a primeira e a segunda coleta, respectivamente.

O efluente de suinocultura obtido na segunda coleta foi diluído na proporção de 1 parte de efluente para 2,25 partes de água, para que sua DQO fosse igual à do efluente da primeira coleta, não alterando assim a carga orgânica volumétrica e a carga biológica aplicadas aos reatores.

Tabela 3. Características dos efluentes antes do tratamento biológico

Parâmetros	Substrato Sintético	Efluente Natural			
		Primeira Coleta		Segunda Coleta	
		Bruto	Filtrado	Bruto	Filtrado
DQO (g.L ⁻¹)	4,41 (0,11)	6,44 (0,12)	5,71 (0,02)	16,04 (1,65)	12,88 (1,88)
ST (g.L ⁻¹)	12,81 (1,36)	3,65 (0,30)	3,52 (0,16)	7,70 (0,84)	7,34 (0,65)
SFT (g.L ⁻¹)	2,89 (0,65)	1,32 (0,17)	1,35 (0,05)	2,63 (0,24)	2,30 (0,17)
SVT (g.L ⁻¹)	9,92 (0,71)	2,34 (0,48)	2,26 (0,15)	5,07 (0,90)	5,04 (0,55)
SSd (mL.L ⁻¹)	0,0	18,0	9,0	50,0	15,0
Al (gCaCO ₃ g.L ⁻¹)	0,93 (0,11)	2,53 (0,17)	2,24 (0,06)	3,93 (0,10)	3,40 (0,06)
Ph	7,81 (0,02)	7,27 (0,03)	7,33 (0,03)	7,31 (0,02)	6,75 (0,01)

Valores médios (desvio-padrão) de triplicatas.

A Figura 2 representa o comportamento do substrato sintético e do efluente natural de suinocultura, em relação à eficiência de remoção de DQO, observado durante 94 dias de operação do sistema.

Observa-se que os substratos apresentaram comportamentos similares. Todos os reatores alcançaram o regime permanente após aproximadamente 40-45 dias de funcionamento. Tanto em relação ao substrato

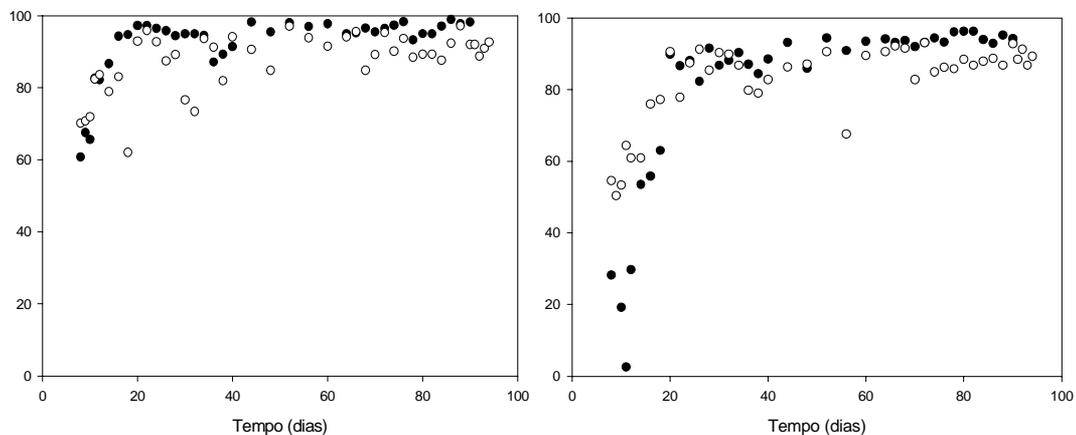


Figura 2. Variação da eficiência de remoção de DQO. A - carga biológica de 0,2 kgDQO.kg⁻¹SVT.d⁻¹; B - carga biológica de 0,4 kgDQO.kg⁻¹SVT.d⁻¹. (Ē%) efluente natural, (Ī%) substrato sintético.

sintético quanto ao efluente natural, observa-se que quanto maior a carga orgânica volumétrica aplicada, menor foi a eficiência de remoção de DQO alcançada, provavelmente devido, dentre outros aspectos, como a própria carga biológica, ao menor tempo de detenção hidráulica (2,85 e 1,42 dias para menor e maior carga biológica, respectivamente).

Os valores de eficiência de remoção de DQO alcançados foram menores com o efluente natural, devido principalmente ao fato de que a DQO do substrato sintético se deve basicamente à glicose, açúcar prontamente utilizável pela microbiota, o que facilita sua digestão.

Os resultados da caracterização dos efluentes após tratamento são apresentados na Tabela 4.

Após o tratamento, houve uma redução acentuada na DQO, no teor de sólidos e na acidez, e aumento no pH dos substratos. Observa-se uma diferença de alcalinidade, que, antes do tratamento, apresentou um valor mais baixo para o substrato sintético e mais alto para o efluente natural da segunda coleta. Porém, todos os reatores alcançaram, ao final do experimento, valores

de alcalinidade entre 1,7 e 2,1 gCaCO₃.L⁻¹. Já que a alcalinidade é um fator diretamente relacionado com o poder tamponante do efluente, acredita-se que esse fator tenha favorecido a atuação das *archaeas* metanogênicas, responsáveis pela degradação dos ácidos orgânicos a CH₄ e CO₂, aumentando o valor de pH.

CONCLUSÃO

Os reatores apresentaram boa eficiência de remoção de DQO (acima de 80 e 90% com o efluente de suinocultura e o substrato sintético, respectivamente), embora o valor absoluto final ainda tenha sido elevado, mostrando a necessidade de um tratamento complementar.

Os resultados mostraram que o substrato sintético apresentou um comportamento similar ao de controle, tanto em relação à remoção de matéria orgânica quanto à estabilidade do sistema, o que aponta para a possibilidade de sua utilização em avaliação de sistemas de tratamento de efluentes de suinocultura.

Tabela 4. Parâmetros operacionais e caracterização dos efluentes após tratamento

Q (mL.m ⁻¹)	0,5	0,5	1,0	1,0
CB (KgDQO.Kg ⁻¹ SVT.d ⁻¹)	0,2	0,2	0,4	0,4
COV (KgDQO.m ⁻³ .d ⁻¹)	2,00	1,55	3,99	3,08
	Efluente Natural	Substrato	Efluente Natural	Substrato
DQO (g.L ⁻¹)	0,77 (0,10)	0,15 (0,02)	1,07 (0,17)	0,28 (0,01)
Remoção de DQO (%)	89,1	97,3	84,2	93,4
ST (g.L ⁻¹)	1,25 (0,25)	1,80 (0,08)	1,59 (0,05)	1,96 (0,09)
STF (g.L ⁻¹)	0,7 (0,31)	1,22 (0,35)	1,07 (0,07)	1,58 (0,05)
STV (g.L ⁻¹)	0,54 (0,06)	0,58 (0,30)	0,52 (0,11)	0,38 (0,04)
SSd (mL.L ⁻¹)	0,4	0,7	0,3	0,0
Al (gCaCO ₃ .L ⁻¹)	2,01 (0,01)	1,85 (0,02)	2,10 (0,12)	1,77 (0,01)
pH	8,63 (0,01)	8,69 (0,03)	8,56 (0,01)	8,55 (0,02)

Valores médios (desvio-padrão) de triplicatas

REFERÊNCIAS

- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (1989). Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th edition. Washington.
- Beal LJ & Raman DR (2000) Sequential two-stage anaerobic treatment of confectionery wastewater. Journal Agricultural Engineering Research 76: 211-7.
- Bello-Mendoza R & Castillo-Rivera MF (1998) Start-up

- of an anaerobic hybrid (UASB/filter) reactor treating wastewater from a coffee processing plant. *Anaerobe – Environmental Microbiology* 4: 219-25.
- Bohnenberger JC (2001) Contaminação por esgotos domésticos e industriais. In: 1º Encontro de preservação de mananciais da zona da mata mineira, Viçosa. Anais, ABES/UFV/DEA/ABAS. p.70-4.
- Borzacconi L, López I & Viñas M (1995) Application of anaerobic digestion to the treatment of agroindustrial effluents in Latin America. *Water Science and Technology* 22 (12): 105-11.
- Chernicharo CAL (1997) Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Reatores anaeróbios. Belo Horizonte, UFMG/DESA. 246p.
- Cintoli R, Di Sabatino B, Galeotti L & Bruno G (1995) Ammonium uptake by zeolite and treatment in UASB reactor of piggery wastewater. *Water Science and Technology* 32 (12): 73-81.
- Ferreira FLA, Lucas Jr. J & Amaral LA (2003) Partial characterization of the polluting load swine wastewater treated with an integrated biodigestion system. *Bioresource Technology* 90: 101-8.
- Júnior GNRC, Belli Filho P, Perdomo CC & Costa RHR (1999) Aplicabilidade do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo para o tratamento de dejetos de suínos. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro. Anais, ABES, I-133, p.702-8.
- Lomas JM, Urbano C & Camarero LM (2000) Influence of recirculation flow in a pilot scale downflow stationary fixed film anaerobic reactor treating piggery slurry. *Biomass and Bioenergy* 18: 421-30.
- Nebot E, Romero LI, Quiroga JM & Sales D (1995) Effect of the feed frequency on the performance of anaerobic filters. *Anaerobe – Environmental Microbiology* 1: 113-20.
- Oliva LCH, Zaiat M & Foresti E (1995) Anaerobic reactors for food processing wastewater treatment: established technology and new developments. *Water science and Technology* 32 (12): 157-63.
- Oliveira PAV, Martins RR, Pedroso D, Lima GJMM de, Lindner EA, Belli Filho P, Castilho Júnior AB, Silveira VR, Baldisera I, Mattos AC, Gosmann H, Cristmann A, Bonett E & Hess A (1993) Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Concórdia, EMBRAPA-CNPASA. 188p. (EMBRAPA-CNPASA. Documentos, 27).
- Olmi VR (2002) Desempenho de sistemas anaeróbios de alta taxa no tratamento de efluente gerado em unidade de criação de suínos. Dissertação de Mestrado. Viçosa, UFV. 105p.
- Perdomo CC & Lima GJMM (1998) Considerações sobre a questão dos dejetos e o substrato ambiente. In: Sobestiansky I., Wentz I., Silveira PRS & Sesti LAC (eds). *Suinocultura intensiva - Produção, manejo e saúde do rebanho – Brasília, EMBRAPA; Concórdia, EMBRAPA. p. 222-35.*
- Sánchez EP, Monroy O, Cañizares RO, Travieso L & Ramos A (1995) A preliminary study of piggery waste treatment by an upflow sludge bed anaerobic reactor and a packed bed anaerobic reactor. *Journal Agricultural Engineering Research* 62: 71-6.
- Sánchez E, Borja R, Travieso L, Martín A & Colmenarejo MF (2005a) Effect of organic loading rate and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste. *Bioresource Technology* 96: 335-344.
- Sánchez E, Borja R, Travieso L, Martín A & Colmenarejo MF (2005b) Effect of influent substrate concentration and hydraulic retention time on the performance of down-flow anaerobic fixed bed reactors treating piggery wastewater in a tropical climate. *Process Biochemistry* 40: 817-829.
- Sánchez EP, Travieso L, Weiland P, Borja R & Nikolaeva S (2002) Effect of influent strength changes on the performance of a down-flow anaerobic fixed bed reactor treating piggery waste. *Resources, Conservation and Recycling* 36: 73-82.
- Seghezze L, Zeeman G, Van Lier JB, Hamelers HVM & Lettinga G (1998) A review: the anaerobic treatment of sewage in UASB and EGSB reactors. *Bioresource Technology* 65: 175-90.

- van Haandel AC & Lettinga G (1994) Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande. 208p.
- Yu HQ, Fang HHP & Tay JH (2001a) Enhanced sludge granulation in upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor by aluminum chloride. *Chemosphere* 44: 31-6.
- Yu HQ, Tay JH & Fang HHP (2001b) The role of calcium in sludge granulation during UASB reactor start-up. *Water Research* 35 (4): 1052-60.
- Yue-Gen Y & Tay J-H (1997) Characterization of the granulation process during UASB start-up. *Water Research* 31 (7): 1573-80.
- Zhang RH, Yin Y, Sung & Dagu RR (1997) Anaerobic treatment of swine waste by the anaerobic sequencing batch reactor. *Transactions of the ASAE* 40 (3): 761-7.

Aceito para publicação em 14/03/2006