



## Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura<sup>1</sup>

Luciano S. Rodrigues<sup>2</sup>, Israel J. da Silva<sup>3</sup>, Manon C. de O. Zocrato<sup>3</sup>, Débora N. Papa<sup>3</sup>, Marcos V. Sperling<sup>4</sup> & Paulo R. de Oliveira<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação de um sistema de tratamento de águas residuárias de suinocultura constituído de decantador e seguido de reator anaeróbio de manta de lodo (reator UASB), em escala real. O reator UASB foi construído de alvenaria e concreto armado. Coletaram-se amostras do esgoto bruto e do efluente do decantador e reator UASB, e se monitoraram os seguintes parâmetros: temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis totais (AVT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), de acordo com os métodos estabelecidos pelo Standard Methods (APHA, 1998). Os resultados médios de remoção total de DQO e de DBO foram de 93 e 92%, respectivamente. As concentrações médias de DQO, DBO e SST no efluente final foram de 0,8, 1,8 e 0,8 g L<sup>-1</sup>, respectivamente. A carga orgânica volumétrica (COV) aplicada no reator UASB variou de 1,1 a 17,5 kg DQO m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>. O sistema decantador-reator UASB apresenta-se como alternativa promissora para o tratamento de águas residuárias de suinocultura.

**Palavras-chave:** digestão anaeróbia, dejetos de suínos, escala real, reator UASB

## Evaluation of performance of UASB reactor in swine wastewater treatment

### ABSTRACT

This research presents the development and evaluation of a system for treatment of swine wastewaters constituted by slat settler, followed by upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor, at full scale. The UASB reactor was completely made of masonry and reinforced concrete. The evaluation of the treatment system was carried out through samples collected in the influent and effluent from the settler and UASB reactor. The following parameters were analyzed: temperature, pH, alkalinity, total volatile acids (VFA), suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), according to the methods established by the Standard Methods (APHA, 1998). The mean results of COD and BOD removal were 93 and 92%, respectively. The mean concentrations of COD, BOD and TSS in the final effluent were 790, 1818 and 854 g L<sup>-1</sup>, respectively. The volumetric organic load (VOL) in the UASB reactor ranged from 1.1 to 17.5 kg COD m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup>. The system slat settler-UASB reactor showed itself to be a promising alternative for the treatment of swine wastewaters.

**Key words:** anaerobic digestion, swine waste, full scale, UASB reactor

<sup>1</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada à UFMG.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência Animal pela UFMG, Rua Antônio Augusto Faria 47, Lavrinhas, CEP 37200-000, Lavras, MG. Fone: (35) 9829-1337. E-mail: lsantosrodrigues@gmail.com

<sup>3</sup> DMVP/UFMG, Av. Antônio Carlos 6627, CP 567, Campus da UFMG, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3409-2001. E-mail: israelvp@gmail.com; manonvet@yahoo.com.br; nunespapa@yahoo.com.br; pro@ufmg.br

<sup>4</sup> DESA/UFMG, Av. do Contorno 842, 7º andar, Centro, CEP 30110-060, Belo Horizonte, MG. Fone: (31) 3409-1935. E-mail: marcos@desa.ufmg.br

## INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira passou por profundas alterações tecnológicas nas últimas décadas, visando principalmente ao aumento de produtividade e redução dos custos de produção. Em virtude de ser concentradora de dejetos em pequenas áreas, gera vultosos volumes de águas residuárias de grande potencial poluidor para o solo, o ar e a água, já que se trata de efluente rico em sólidos em suspensão e, dissolvidos, matéria orgânica, nutrientes (nitrogênio e fósforo, dentre outros), agentes patogênicos, metais pesados e sais diversos, o que tem gerado problemas de manejo, armazenamento, distribuição, tratamento ou disposição no solo aumentando, com isto, os custos operacionais da atividade (Magalhães et al., 2006; Campos et al., 2005; Brandão et al., 2000).

O interesse pelo tratamento anaeróbio, de resíduos líquidos e sólidos provenientes da agropecuária e da agroindústria, tem aumentado nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias, ou aos processos convencionais de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos sólidos (Moraes & Paula Júnior, 2005).

O desenvolvimento do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) combinou vantagens, as quais possibilitaram a sua utilização para uma grande variedade de águas residuárias e, conseqüentemente, adoção em larga escala. Esse tipo de reator pode ser construído e operado de forma a minimizar os custos do tratamento com baixa produção de sólidos. Contudo, como outras configurações de reatores anaeróbios, o reator UASB também está sujeito a limitações relacionadas à concentração de sólidos suspensos totais (SST) do afluente, o que tem prejudicado a sua indicação para tratamento de águas residuárias agropecuárias, como as de suinocultura (Campos et al., 2006; Oliveira & Foresti, 2004).

Os reatores UASB possuem facilidades operacionais, hidrodinâmica mais eficiente que outros sistemas convencionais e boa adaptação às condições climáticas do Brasil, para diversos efluentes líquidos (Belli Filho et al., 2001). Este reator utiliza um processo biológico de tratamento com biomassa dispersa, no qual os compostos orgânicos são biodegradados e digeridos por meio de uma transformação anaeróbia, resultando na produção de biogás e na manutenção de um consórcio de microrganismos (Pereira-Ramires et al., 2004).

Em face ao exposto objetivou-se, com este trabalho de pesquisa, avaliar a eficiência, em escala real, de um sistema composto por decantador seguido de reator UASB no tratamento de efluentes de suinocultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na suinocultura da Fazenda Experimental Professor Hélio Barbosa, da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), localizada em Igarapé, MG. O sistema de tratamento em escala real se constituiu de um decantador seguido de um reator UASB, com volumes de 7,4 e 11,5 m<sup>3</sup>, respectivamente.

A ETE em escala real foi projetada para atender aos setores de creche, recria e terminação da suinocultura com capacidade para um plantel de 400 animais. A alimentação dos dejetos gerados foi realizada por gravidade, por meio de cauletas.

### Decantador

Foi utilizado um decantador de fluxo ascendente de dois compartimentos, projetado de forma a atender as funções de separação de sólidos e pré-acidificação da água residuária (Figura 1).

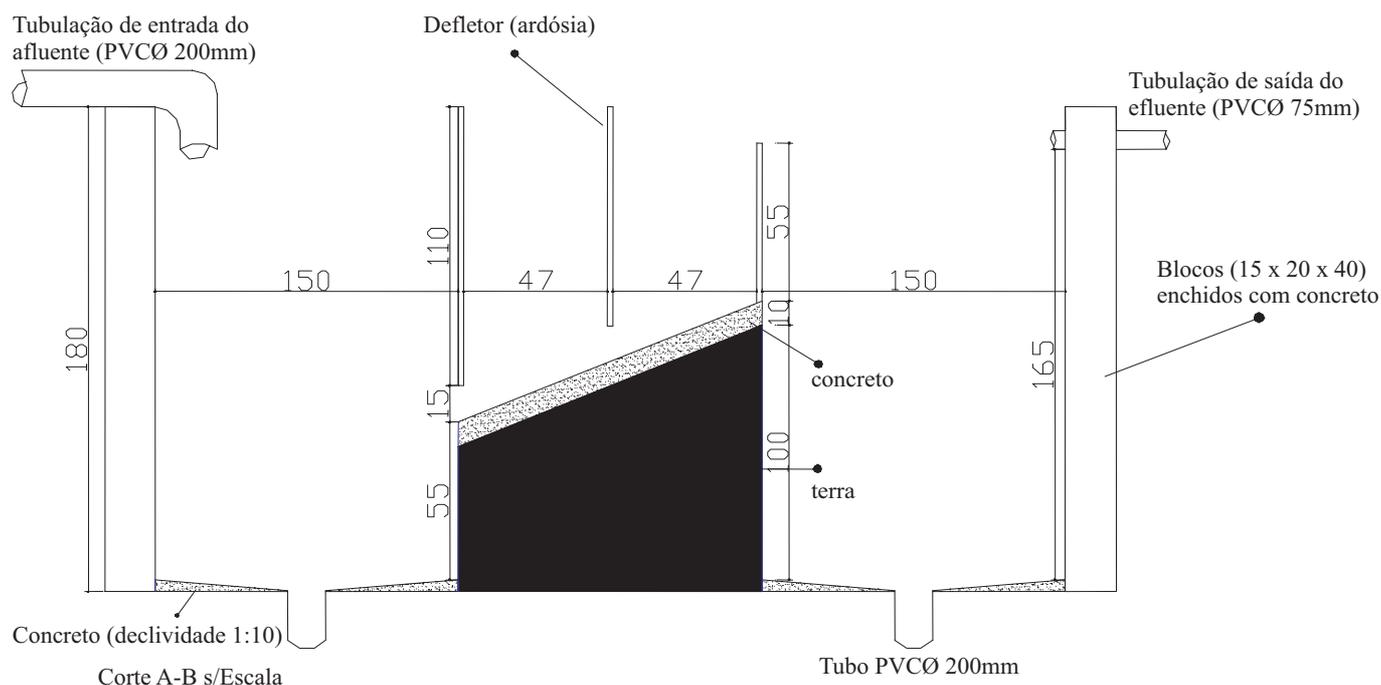


Figura 1. Corte esquemático do decantador

**Reator UASB**

O reator UASB foi projetado como principal unidade de tratamento das águas residuárias de suinocultura, com ênfase na remoção de matéria orgânica. No projeto buscou-se conciliar alta eficiência, simplicidade operacional e custo de implantação e manutenção.

**Construção civil**

O reator UASB foi construído no período de outubro de 2005 a junho de 2006; posteriormente e devido a problemas de infiltração e vazamento, foi necessário ser reparado, o que ocorreu no final de janeiro de 2007 (Figura 2).

A estrutura do tanque foi executada com blocos de concreto de 0,20 m de espessura, enchidos com concreto e ferragem

CA-50 de diâmetro 5 mm colocada a cada 0,20 m. Nos cantos do tanque foi colocado um pilar de 0,20 x 0,20 m, enquanto três vigas de 0,20 x 0,20 m foram construídas na base, no meio e no topo do tanque. A impermeabilização do tanque foi realizada, aplicando-se três demãos do produto Via Plus 2000.

As paredes internas e externas do tanque foram recobertas com argamassa de espessura 0,025 m, totalizando uma espessura de parede de 0,25 m, estando parte da estrutura do tanque enterrada. Os defletores foram executados em concreto armado enquanto a parte inclinada do separador trifásico foi feita com lona sintética.

**Distribuição do afluente**

Realizou-se a distribuição das águas residuárias afluentes

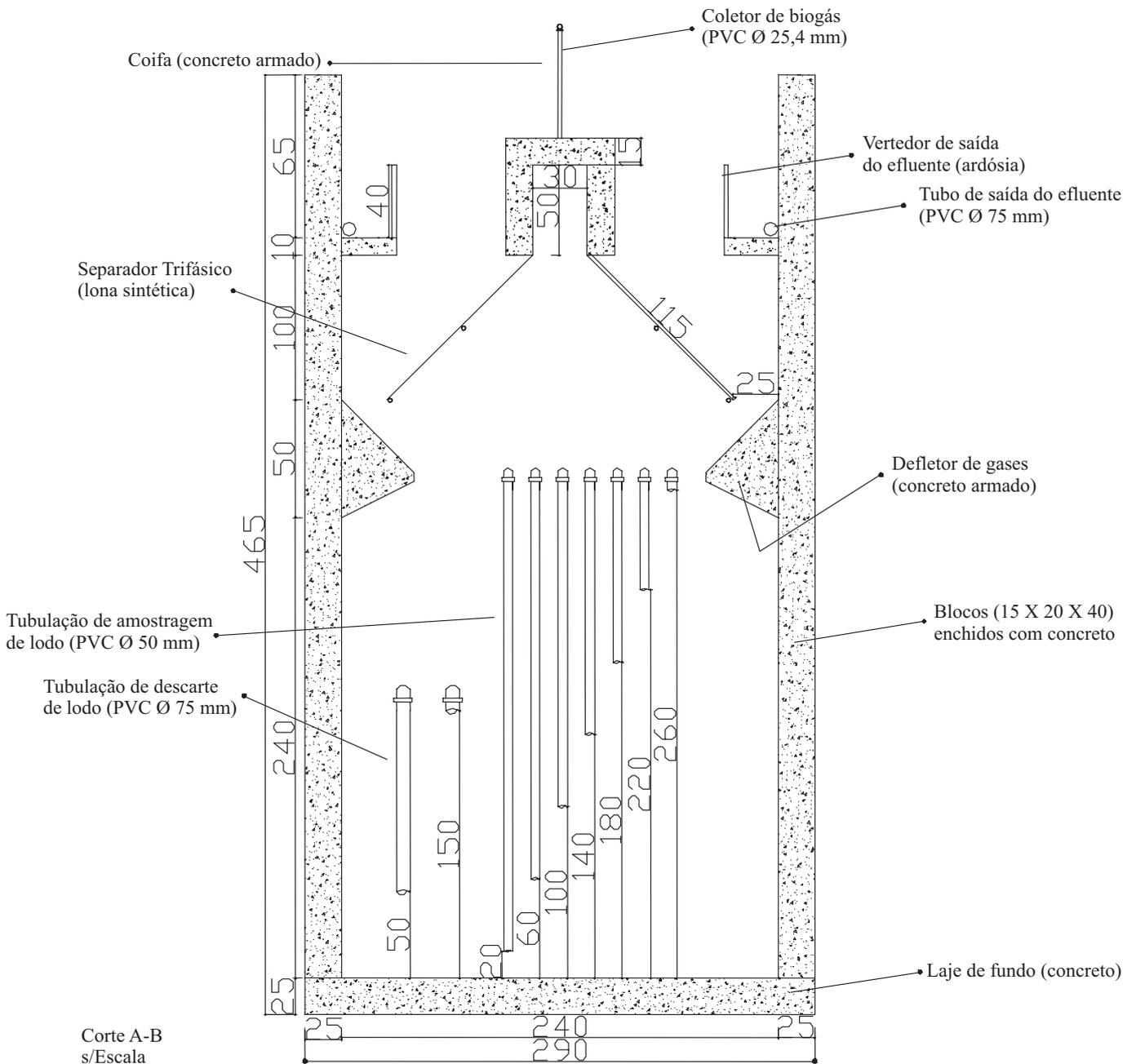


Figura 2. Corte esquemático do reator UASB

ao reator UASB por meio de uma canaleta localizada em uma das laterais, com transporte ao fundo do reator, feito por meio de um tubo de PVC 75 mm com redução para 50 mm, próximo à saída, localizada a 0,30 m do fundo do tanque.

#### Coleta do efluente

Coletou-se o efluente do reator UASB através de saída afogada e de tubos de PVC de 50 mm. No projeto do reator optou-se por não utilizar retentores de espuma.

#### Tubulações de descarte e amostragem de lodo

Instalaram-se, no reator UASB, tubulações para descarte e amostragem do lodo, utilizando-se tubos e registros de PVC com diâmetros de 75 e 50 mm, respectivamente.

As tubulações de descarte do lodo foram inseridas até a área central do tanque, tendo um tubo de descarte localizado a uma altura de 0,50 m e o outro a 1,50 m do fundo do tanque, possibilitando duas opções para o descarte do lodo.

As tubulações de amostragem de lodo foram projetadas em diferentes profundidades, dentro do compartimento de digestão e dispostas a 0,20, 0,60, 1,00, 1,40, 1,80, 2,20 e 2,60 m de altura, com o objetivo de se determinar o perfil de sólidos dentro do reator UASB. A saída da tubulação foi colocada a determinada altura do solo, para facilitar a coleta do lodo, através de baldes.

#### Partida do sistema

No início do mês de fevereiro de 2007, com a conclusão das obras de implantação do decantador e reator UASB foi efetuada a partida, seguindo-se metodologia sugerida por Chernicharo (2007). Utilizou-se, como inóculo, lodo de uma lagoa anaeróbia empregada anteriormente no tratamento das águas residuárias da suinocultura. A carga biológica (CB) inicial foi da ordem 0,37 kg DQO kg STV<sup>-1</sup> por dia.

O período de partida durou 15 dias utilizando-se, como parâmetros de monitoramento do desempenho do reator UASB, a temperatura, pH, alcalinidade, relação entre a alcalinidade intermediária e parcial (AI/AP), ácidos voláteis totais (AVT), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

O processo de inoculação foi realizado por meio de uma chorumeira, que captou 6,5 m<sup>3</sup> de lodo do fundo da lagoa anaeróbia e o bombeou para o reator UASB; após a inoculação a biomassa permaneceu em repouso durante 24 h; decorrido o período de repouso, iniciou-se a alimentação com dejetos utilizando-se 30% da carga de projeto que depois foi aumentada gradativamente até chegar a plena carga.

#### Programa de monitoramento

As vazões eram medidas por meio de proveta graduada e cronômetro, em intervalos de tempo predeterminados, durante toda a higienização do período da manhã, que ocorria entre as 7 h e 30 min e 9 h e 30 min.

As coletas das amostras foram realizadas juntamente com as medições da vazão no afluente e efluente do decantador e efluente do reator UASB, três vezes por semana; realizou-se, também, coleta de amostras do lodo ao longo do reator UASB, para análise do perfil de sólidos, com frequência quinzenal.

O monitoramento do processo se deu por meio de análises física, química e bacteriológica. Os parâmetros avaliados foram: temperatura do ar e do líquido, pH, DBO, DQO, sólidos suspensos totais (SST) e sólidos suspensos voláteis (SSV), conforme descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Realizaram-se as medidas de temperatura do ar no período da manhã, por meio de um termohigrômetro instalado junto à ETE. A temperatura do líquido e o pH foram medidos in loco utilizando-se termômetro de mercúrio e peagâmetro, respectivamente, enquanto as outras análises foram processadas no laboratório de Saneamento da Escola de Veterinária da UFMG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se, na Tabela 1, os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos obtidos durante 282 dias de monitoramento do afluente e efluente do decantador e efluente do reator UASB.

A temperatura média ambiente observada durante o experimento foi de 20 °C, em que seu máximo e mínimo foram de 27 e 12 °C, respectivamente. O monitoramento não contemplou os meses do verão quando as temperaturas são mais elevadas.

**Tabela 1.** Valores médios e os desvios padrão dos parâmetros físicos e químicos do afluente e efluentes do decantador e reator UASB durante o período experimental

Parâmetro	Afluente do Decantador	Efluente do Decantador	Efluente do UASB
Temperatura (°C)	20 ± 3	22 ± 3	22 ± 3
pH	7,0 ± 0,3	6,5 ± 0,3	7,1 ± 0,2
AT (g CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	3,1 ± 0,9	3,8 ± 0,8	3,7 ± 0,8
AVT (g HAc L <sup>-1</sup> )	2,9 ± 0,9	2,9 ± 0,6	0,9 ± 0,2
DBO (g L <sup>-1</sup> )	11,1 ± 4,2	6,4 ± 2,2	0,8 ± 0,5
DQO (g L <sup>-1</sup> )	31,3 ± 11,1	14,8 ± 7,2	1,8 ± 0,9
SST (g L <sup>-1</sup> )	8,6 ± 4,8	2,7 ± 1,4	0,9 ± 0,5
SSV (g L <sup>-1</sup> )	6,5 ± 3,9	2,3 ± 1,3	0,7 ± 0,4

Notou-se que a temperatura no efluente do decantador e no reator UASB foi superior à do afluente, ficando sempre acima de 20 °C, sinal de que tanto o decantador como o reator UASB foram operados predominantemente na faixa mesofílica (20 a 45 °C), embora inferior à faixa ótima de crescimento dos microrganismos (30 a 35 °C).

As faixas de valores de pH do afluente ficaram entre 6,0 e 7,7 enquanto no decantador os valores foram de 5,7 a 7,0, indicando que houve redução deste parâmetro ao passar pelo decantador, evidenciando a ocorrência de acidificação da água residuária. No reator UASB os valores do pH se mantiveram acima de 7,0, mostrando que o reator UASB operou de forma estável durante todo o período experimental.

Os valores de alcalinidade total (AT) aumentaram do afluente para o efluente do decantador e se manteve estável no reator UASB, indicando haver geração de alcalinidade.

O equilíbrio na concentração dos ácidos voláteis totais (AVT) é um bom indicador do funcionamento adequado de um reator anaeróbio e o valor é de grande importância no acompanhamento da atividade das bactérias acidogênicas e arqueas metanogênicas, visto que a inibição do processo anaeróbio por AVT está associada ao pH, pois baixos valores de pH geralmente estão relacionados a altas concentrações de AVT e conseqüentemente, à falência do processo (Silva & Nour, 2004; Kus & Wiesmann, 1995).

Ocorreram valores de AVT similares, tanto para o afluente como para o efluente do decantador e redução significativa ao passar pelo reator UASB. Este comportamento da AT e dos AVT, juntamente com os valores de pH, indica que houve estabilidade e capacidade de tamponamento do reator UASB não permitindo o acúmulo de ácidos voláteis.

Tem-se, na Figura 3, os gráficos Box-Whiskers para DBO, DQO, SST e SSV, no qual se observam grandes variações da DBO e DQO nos afluente e efluente do decantador e efluente do reator UASB; observou-se maior discrepância entre o valor máximo e as outras medidas de dispersão, tanto no afluente como no efluente do decantador e reator UASB.

O valor médio de DBO afluente encontrado neste estudo foi semelhante ao de Medri & Medri (2004) em seu trabalho, embora se tenha constatado, no estudo, grande variação do afluente, que pode estar associado ao manejo da granja, visto que, além de se ter vários funcionários trabalhando na higienização, não há padronização na limpeza dos galpões; outro fator que pode ter influenciado é a temperatura, de vez que em temperaturas elevadas ocorre maior consumo de água pelos suínos e para higienização da granja; outros fatores, como a nutrição e a quantidade de animais, não variaram durante o período experimental.

O valor médio de DQO afluente encontrado foi superior aos de Medri & Medri (2004), Santana & Oliveira (2005), Campos et al. (2005), Fernandes & Oliveira (2006) e Schoenhals et al. (2007), e pode ser devido às altas concentrações de sólidos presentes no afluente.

Os valores médios de DQO e DBO no efluente final, de 0,8 g L<sup>-1</sup> e 1,8 g L<sup>-1</sup>, são superiores aos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05 (SEMAD, 2008), mesmo com a grande remoção de DBO e DQO alcançada durante toda a fase experimental.

Apresentam-se, na Tabela 2, os valores de eficiência de remoção de DBO, DQO, SST e SSV para o sistema de tratamento, durante a fase experimental.

O TDH do decantador variou de 0,9 a 2,2 d, o que fez com que operasse como reator acidogênico e obtivesse bom desempenho na remoção de matéria orgânica e sólidos.

O reator UASB apresentou eficiências médias de remoção de DBO e DQO de 87 e 85%, respectivamente, para cargas orgânicas volumétricas (COV) aplicadas variando de 1,1 a 17,5 kg DQO m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> e TDH variando de 1,7 a 4,1 d, mostrando ótima performance no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

Kalyuzhnyi & Sklyar (2000), utilizando reator UASB de bancada de 2,6 L, e tratando efluentes de suinocultura com TDH variando de 8 a 30 h, alcançaram eficiência de remoção de DQO de 60 a 85%.

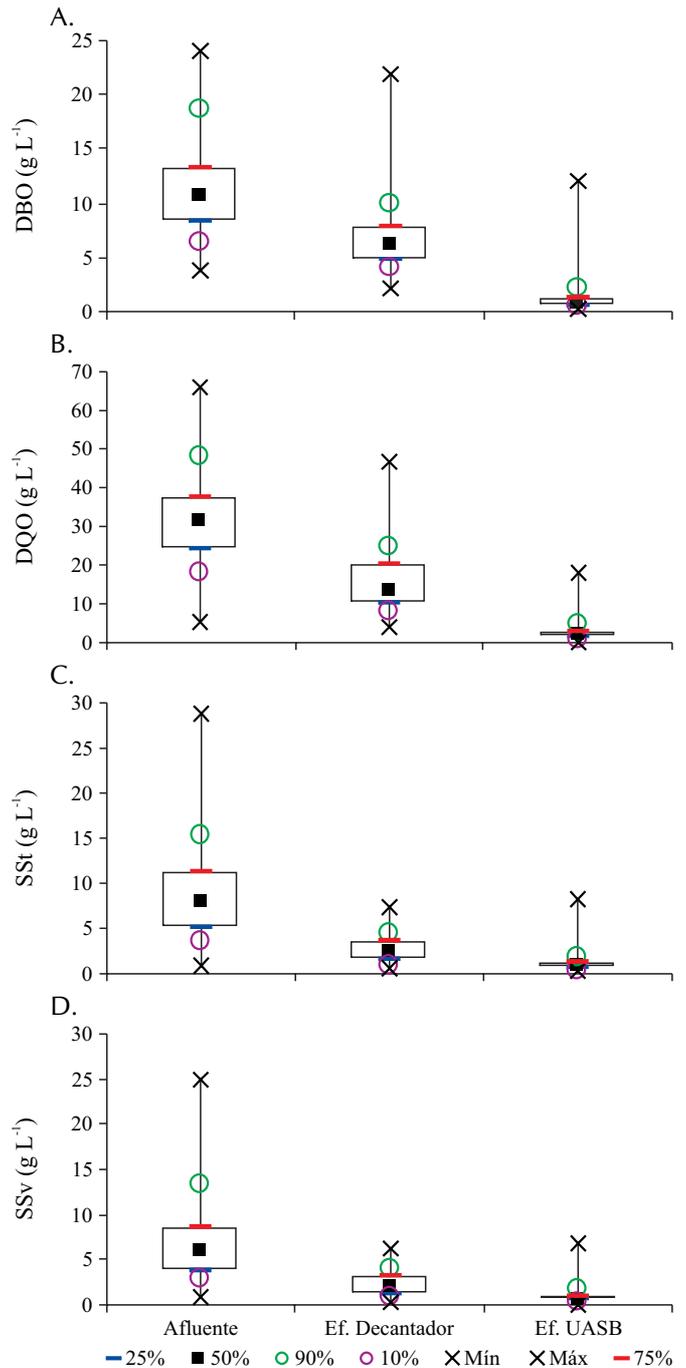


Figura 3. Gráfico Box-Whisker para DBO, DQO, SST e SSV durante a fase experimental: A – DBO afluente e efluente do decantador e reator UASB; B – DQO afluente e efluente do decantador e reator UASB; C – SST afluente e efluente do decantador e reator UASB; D – SSV afluente e efluente do decantador e reator UASB

Tabela 2. Valores das eficiências médias de remoção de DBO, DQO, SST e SSV do decantador e reator UASB durante o período experimental

Parâmetro	Eficiência em cada unidade (%)		Eficiência Global (%)
	Decantador	Reator UASB	
DBO	37	87	92
DQO	51	85	93
SST	63	63	88
SSV	55	62	85

Santana & Oliveira (2005) e Fernandes & Oliveira (2006) também operaram reatores UASB tratando águas residuárias de suinocultura e obtiveram eficiências médias de remoção variando de 55 a 90%, com COV variando de 0,11 a 34,40 kg DQO m<sup>-3</sup> d<sup>-1</sup> e TDH de 0,75 a 2,25 dias.

A eficiência de remoção global do sistema para DBO e DQO foi de 92 e 93%, respectivamente, demonstrando a ótima performance do sistema; os valores encontrados no presente trabalho são superiores aos indicados pelos autores.

Para SST e SSV, observa-se comportamento semelhante ao da DBO e DQO para o afluente do decantador e efluente do reator UASB; para o decantador se nota menor dispersão dos valores mostrando que esta unidade absorveu as variações afluentes de SST e SSV.

Os valores médios de SST no afluente foram de 8,6 g L<sup>-1</sup>, reduzindo para 2,7 e 0,9 g L<sup>-1</sup>, no decantador e reator UASB, respectivamente. Os valores de SST afluentes encontrados neste estudo foram superiores aos que Santana & Oliveira (2005) e Fernandes & Oliveira (2006) encontraram, e pode ser explicado pelo manejo adotado na granja, no qual não ocorre retirada mecânica dos sólidos grosseiros, elevando o volume de água consumido para a higienização e aumentando a concentração de sólidos no efluente.

Os valores médios de concentração de SSV nos afluente e efluente do decantador e efluente do UASB, foram de 6,5, 2,3 e 0,7 g L<sup>-1</sup> e corresponderam, respectivamente, a 75, 85 e 89% dos valores de SST e indicaram a composição predominantemente de material orgânico; os percentuais de SSV em relação a SST corroboraram com os resultados obtidos por Santana & Oliveira (2005) e Fernandes & Oliveira (2006) que, utilizando reatores anaeróbios em dois estágios, constataram valores de correspondência de SSV de 76,7 a 90,8% e de 67,6 a 90% dos valores médios de SST, respectivamente.

As eficiências médias de remoção de SST no decantador e reator UASB, foram de 62,7 e 63,1%, respectivamente; para SSV, as eficiências méd de remoção foram de 55% para o decantador e de 62% para o reator UASB; já o desempenho do sistema de tratamento na remoção de SST e SSV foi de 88 e 85%, respectivamente.

Foi ótimo o desempenho do decantador na remoção de SST e SSV; o reator UASB apresentou eficiência similar ao decantador, porém se notou, durante toda a fase experimental, arraste de partículas sólidas da manta de lodo, as quais escaparam junto com o efluente final.

O aumento da concentração de sólidos no efluente do reator UASB pode indicar irregularidades operacionais, pois pode estar havendo arraste de partículas ou excesso de lodo no reator.

A carga orgânica biológica (COB) aplicada no reator UASB variou de 0,3 a 3,0 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia, com valor médio de 1,2 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia. Chernicharo (2007) recomenda, para o esgoto doméstico, valores iniciais de 0,05 a 0,15 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia durante a partida, com aumento gradativo em função da eficiência do sistema, podendo chegar a 2,0 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia.

Haandel & Lettinga (1994) citaram COB variando de 0,03 a 0,77 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia aplicadas em reatores UASB tratando esgoto doméstico e concluíram que essas taxas são relativamente baixas quando comparadas com as taxas apli-

cadadas em processos aeróbios, os quais são operados, normalmente, com taxas na faixa de 0,5 a 10 g DQO g SVT<sup>-1</sup> por dia.

Os valores de COB aplicados não foram limitantes para o bom funcionamento do reator UASB e obtenção de alta eficiência de remoção de DBO e DQO.

Os valores do tempo de retenção de sólidos (TRS), calculados com base na mediação da carga de sólidos removida variaram de 12 a 81 dias, com valor médio de 37 dias, para COV variando de 1,1 a 17,5 kg DQO m<sup>-3</sup> por dia. Ndon & Dague (1997) recomendam valor mínimo de TRS de 10 dias para reatores operando com temperatura de 35 °C, já os coeficientes de produção de lodo obtidos foram de 0,14 kg SSV (kg DQO apl.)<sup>-1</sup> e 0,18 kg SSV (kg DQO rem.)<sup>-1</sup>, valores esses baixos e amplamente favoráveis, uma vez que são indicadores de baixa produção de lodo.

## CONCLUSÕES

O sistema de tratamento avaliado apresentou altas eficiências de remoção de DBO e DQO, possibilitando, com as condições operacionais impostas, alcançar valores médios acima de 90% atendendo aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 quanto a eficiência de remoção do sistema de tratamento.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de doutorado e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro a pesquisa.

## LITERATURA CITADA

- APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington: AWWA/APHA/WEF, 1998. s.p.
- Belli Filho, P.; Castilhos Júnior, A. B.; Costa, R. H. R.; Soares, S. R.; Perdomo, C. C. Tecnologias para o tratamento de dejetos de suínos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p.166-170, 2001.
- Brandão, V. S.; Matos, A. T.; Martinez, M. A.; Fontes, M. P. P. Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.327-333, 2000.
- Campos, C. M. M.; Carmo, F. R.; Botelho, C. G.; Costa, C. C. Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial. Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.1, p.140-147, 2006.
- Campos, C. M. M.; Mochizuki, E. T.; Damasceno, L. H. S.; Botelho, C. G. Avaliação do potencial de produção de biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos. Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.4, p.848-856, 2005.

- Chernicharo, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.5).
- Fernandes, G. F. R.; Oliveira, R. A. de. Desempenho de processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.26, n.1, p.243-256, 2006.
- Haandel, A. C. V.; Lettinga, G. *Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente*. Campina Grande: EPGRAF, 1994. 208p.
- Kalyuzhnyi, S.; Sklyar, V.; Integrated mechanical, biological and physic-chemical treatment of liquid manure streams. *Water Science Technology*, v.41, n.1, p.182-188, 2000.
- Kus, F.; Wiesmann, U. Degradation kinetics of acetate and propionate by immobilized anaerobic mixed cultures. *Water Research*, v.29, n.6, p.1437-1443, 1995.
- Magalhães, M. A.; Matos, A. T.; Deniculi, W.; Tinoco, I. F. F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.466-471, 2006.
- Moraes, L. M.; Paula Júnior, D. R. Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.445-454, 2004.
- Medri, W.; Medri, V. Otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos. *Ciências Exatas e Tecnológicas – SEMINA*, v.25, n.2, p.203-212, 2004.
- Ndon, U. J.; Dague, R. R. Effects of temperature and hydraulic retention time on anaerobic sequencing batch reactor treatment of low-strength wastewater. *Water Research*, v.31, p.2455-2466, 1997.
- Oliveira, R. A. de.; Foresti, E. Balanço de massa de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.807-820, 2004.
- Pereira-Ramires, O.; Quadro, M. S.; Antunes, R. M.; Koetz, P. R. Influência da recirculação e da alcalinidade no desempenho de um reator UASB no tratamento de efluente de suinocultura. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.10, n.1, p.103-110, 2004.
- Santana, A. M.; Oliveira, R. A. de. Desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo em dois estágios tratando águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.817-830, 2005.
- Schoenhals, M.; Frare, L. M.; Sarmiento, L. A. V. Análise do desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo no tratamento de efluentes da suinocultura. *Engenharia Ambiental*, v.4, n.1, p.005-023, 2007.
- SEMAD – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável, 2008. *Legislação CONAMA 357/2005*. <http://www.siam.mg.gov.br>. 07 Out. 2008.
- Silva, G. H. R.; Nour, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.2, p.268-275, 2005.