



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROJETO E CONDIÇÕES OPERACIONAIS NO DESEMPENHO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE DEJETOS DE SUÍNOS

Flávio Lúcio da Silva¹, Israel José da Silva², Luciano dos Santos. Rodrigues³, Paulo Roberto de Oliveira²

RESUMO

O presente trabalho avaliou o desempenho de um sistema de lagoas de estabilização em escala real, em série, tratando dejetos de suínos. O sistema foi constituído de: uma lagoa anaeróbia, duas lagoas facultativas e uma lagoa de maturação. Os dados foram obtidos durante 350 dias de monitoramento em uma suinocultura no município de São José da Lapa/MG. As análises físico-químicas realizadas foram: temperatura, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e sólidos totais voláteis (STV) de acordo com métodos estabelecidos pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). As lagoas facultativas operaram com baixos tempos de detenção hidráulica (7 e 7,7 dias) e com altos valores de carga orgânica superficial aplicada de DBO (1288 kgDBO ha⁻¹ d⁻¹ e 640 kgDBO ha⁻¹ d⁻¹), afetando seu desempenho. O sistema de lagoas de estabilização proporcionou eficiência de remoção média de 86% de DBO e DQO, 85% de ST e 88% de STV.

Palavras-chave: dejetos de suínos, lagoas de estabilização, sistemas de tratamento

INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS AND OPERATING CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF STABILIZATION PONDS IN THE TREATMENT OF SWINE WASTE

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance the system of stabilization ponds in full scale, operated in series, treating swine manure. The system was constituted of: one anaerobic pond, two facultative ponds and one maturation pond. The research was carried out for 350 days, in swine production manure treatment Plant, in Sao Jose of Lapa/MG. The following parameters were analyzed: temperature, pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total solids (TS) and volatile total solids (VTS) according to the methods established by the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998). The facultative ponds operating with low hydraulic retention times (7 and 7.7 days) and with high superficial organic loading rate the BOD (1288 kgBOD ha⁻¹ d⁻¹ and 640 kgBOD ha⁻¹ d⁻¹), affecting its performance. The system stabilization ponds showed, in terms of BOD, COD, TS and VTS mean removal efficiency of 86, 86, 85 and 88%, respectively.

Keys-words: swine manure, ponds stabilization, treatment system.

Trabalho recebido em 27/08/2009 e aceito para publicação em 04/12/2009.

¹ Biólogo & Médico Veterinário (UFMG), Mestre em Medicina Veterinária (UFMG).

² Doutores em Ciência Animal, Docentes da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Av. Antônio Carlos 6627, CP 567, Campus da UFMG, CEP 30123-970, Belo Horizonte, MG.

³ Engenheiro Agrícola (UFLA), Doutor em Ciência Animal (UFMG): Rua Antônio Augusto Faria 47, Lavrinhas, CEP 37200-000, Lavras, MG. e-mail: lsantosrodrigues@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A produção industrial de suínos no Brasil nos anos de 2004 a 2007 cresceu 19,8%, passando de 26,4 milhões de cabeças ao final de 2004, para 31,8 milhões de cabeças em 2007. Também no período, os pesos médios de abate aumentaram ao redor de 5,0% (ABIPECS, 2008). O consumo per capita brasileiro ficou em torno de 12 kg·pessoa·ano⁻¹, enquanto, a média mundial é de 16 kg (pessoa ano)⁻¹. Em países mais desenvolvidos, principalmente da Europa, este valor chega próximo de 70 kg pessoa·ano⁻¹ (ABCS, 2008).

A demanda mundial por carne suína estimulou a expansão da criação, com intensificação e concentração da produção em determinadas áreas. A suinocultura tornou-se uma das cadeias produtivas melhor estruturadas do agronegócio brasileiro, tornando o Brasil o quarto maior produtor e exportador mundial, trazendo como consequência, aumento na quantidade de dejetos produzidos, que inadequadamente manejados causam poluição ambiental.

A nova realidade do mercado consumidor, exigindo produtos de qualidade com preços competitivos e oriundos de sistemas não poluidores do ambiente, passou a exercer pressão para a reciclagem desses resíduos, dentro de

padrões aceitáveis sob o ponto de vista sanitário, econômico e ambiental.

A sustentabilidade, de acordo com a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, mostra que o crescimento econômico deve apoiar-se em práticas que conservem e expandam a base de recursos ambientais, de maneira que o atendimento das necessidades das gerações atuais, quanto ao uso dos recursos naturais, não comprometa a sobrevivência das futuras gerações. Torna-se importante, assim, o estudo de um sistema de produção de suínos que contemple, além do emprego de dietas alternativas com menor poder poluidor, sistemas de tratamento de dejetos de suínos (JASPER et al., 2007).

Um das alternativas no tratamento de despejos domésticos ou industriais que apresentem, como característica, grande concentração de matéria orgânica, são as lagoas de estabilização. Como vantagens pode-se citar o excelente desempenho quanto à remoção de matéria orgânica e sólidos, o baixo custo de implantação e manutenção, a capacidade de trabalhar com sobrecargas hidráulicas e orgânicas. Entretanto o uso de grandes áreas para a implantação de um sistema de lagoas é o que o torna, uma opção desvantajosa. (MEDRI & MEDRI, 2004; IDE 1997).

Embora exista facilidade de sua implantação, faz-se necessária uma

avaliação mais profunda de seu desempenho. Projetistas têm empregado parâmetros de projeto obtidos de outras regiões do Brasil e até do exterior, para dimensionar lagoas de estabilização, por inexistirem dados locais na literatura. Como consequência, verifica-se que os sistemas implantados apresentam, em geral, baixa eficiência. Portanto, para o perfeito desenvolvimento do projeto e desempenho das lagoas de estabilização, torna-se indispensável o enfoque no dimensionamento relativo aos vários tipos de efluentes de agroindústrias. Esforços neste sentido resultarão em lagoas de estabilização com eficiência maximizada, na remoção de poluentes, e permitirão promover um melhor controle de poluição de nossos recursos hídricos (IDE, 1997)

O sistema de lagoas de estabilização mais empregado no tratamento de efluentes domésticos e industriais é o composto por lagoas anaeróbias seguidas de lagoas facultativas e em alguns casos, no final da série, lagoas de maturação.

Os principais parâmetros de projeto utilizados no dimensionamento das lagoas anaeróbias são a carga orgânica volumétrica (COV), tempo de detenção hidráulica (TDH), profundidade e geometria, sendo a COV o mais importante, pois é estabelecido em função

da necessidade de um determinado volume da lagoa para a conversão da carga orgânica aplicada. Os valores típicos de COV utilizados variam de 0,1 a 0,35 kg DBO m⁻³ d⁻¹.

No dimensionamento das lagoas facultativas o principal parâmetro é a taxa de aplicação superficial (TAS), calculada na necessidade de se ter determinada área de exposição à luz solar na lagoa, para ocorrência da fotossíntese. Os outros parâmetros são o TDH, a profundidade e a geometria da lagoa.

Tendo em vista o grande impacto causado pelos dejetos de suínos, e sendo as lagoas de estabilização uma alternativa interessante para o tratamento deste tipo de resíduo, este trabalho objetivou avaliar a influência dos parâmetros de projeto e as condições operacionais no desempenho de um sistema de lagoas de estabilização em escala real no tratamento de dejetos de suínos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma unidade produtora de leitões (UPL) com 320 matrizes, localizada próximo ao município de São José da Lapa (MG). O sistema de tratamento em escala real constituiu-se de tratamento preliminar (decantador com peneira), seguido por

quatro lagoas de estabilização em série, sendo uma anaeróbia (LA), duas facultativas (LF1 e LF2) e uma de maturação (LM). As Figuras 1 e 2

apresentam o layout e a vista geral do sistema de tratamento e a Tabela 1 as características físicas e operacionais das lagoas.

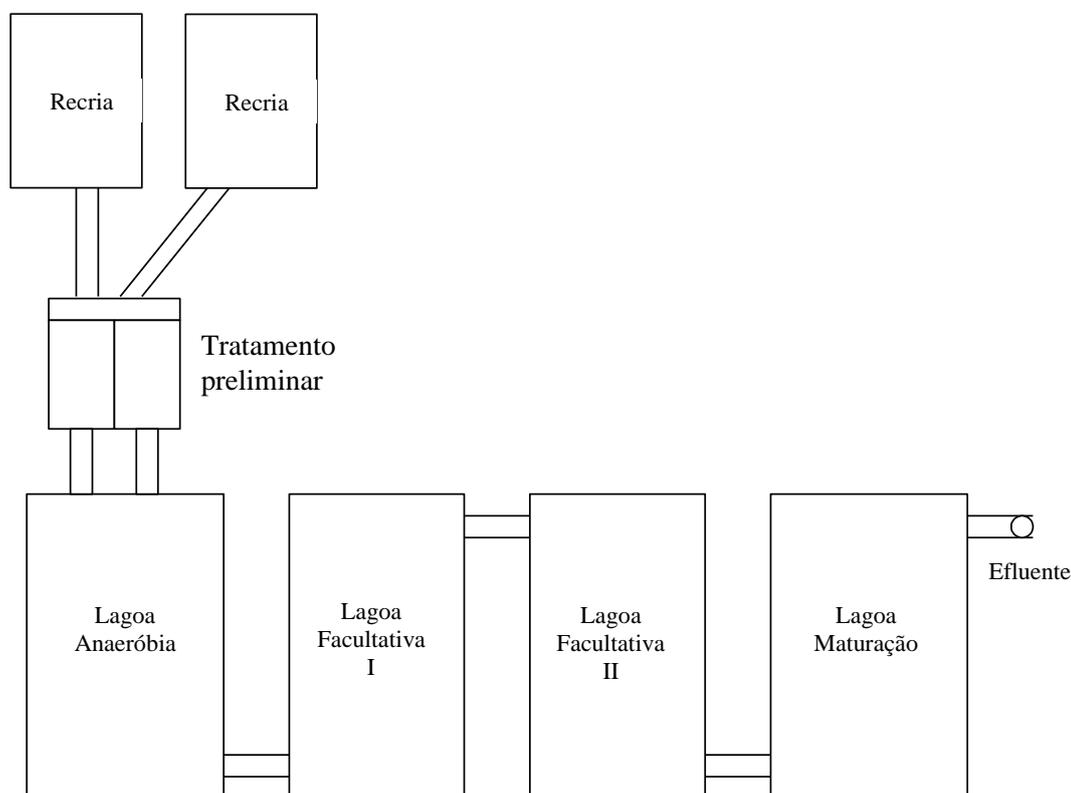


Figura 1. Layout do sistema de tratamento de dejetos de suínos

Tabela 1. Características físicas e operacionais das lagoas de estabilização

Lagoas	Comprimento (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Tempo de detenção (dias)	Relação L/B
LA	10,00	8,00	1,20	80	96	6,4	1,25
LF1	10,00	8,50	1,35	85	115	7,7	1,18
LF2	12,00	8,00	1,10	96	105	7,0	1,50
LM	15,00	8,00	1,00	120	120	8,0	1,87



Figura 2. Vista geral do sistema de tratamento de dejetos de suínos

As lagoas foram escavadas no solo em formato retangular, sem revestimento no fundo e nas laterais. Ao redor das lagoas não existe nenhum dispositivo para contenção das águas pluviais, tais como canaletas ou taludes. A tubulação de entrada das lagoas é feita com um único tubo de PVC 100 mm centralizado, com o afluente caindo em queda livre na primeira lagoa e de forma submersa nas lagoas subsequentes. A tubulação de saída também é feita em tubo PVC 100 mm e localizada em uma das extremidades laterais da lagoa, sendo o efluente coletado abaixo da superfície de forma submersa. As tubulações de entrada e saída são

interligadas diretamente entre as lagoas sem a existência de caixas de passagem.

O sistema de tratamento era alimentado diariamente com os dejetos gerados nos dois galpões de recria e por gravidade chegavam a duas caixas receptoras, passando por uma grade de 4 mm de espessura posicionada verticalmente no final de cada caixa e por meio de uma tubulação de PVC 100 mm eram conduzidos ao sistema de lagoas.

O sistema foi monitorado durante o período de um ano, em que os pontos de amostragem foram: dejetos bruto, efluente

da lagoa anaeróbia, facultativa I e II e de maturação.

As vazões foram medidas por meio de proveta graduada e cronômetro em intervalos de tempo pré-determinados durante toda a higienização do período da manhã, que ocorria entre as 07:30 e 9:30 horas.

As coletas das amostras foram realizadas semanalmente no período da manhã, durante todo o período de higienização da suinocultura. Foram tomadas amostras compostas em frascos de vidro previamente identificados a partir das amostras simples coletadas a cada 15 minutos.

O monitoramento do processo foi por meio de análises físico-químicas e bacteriológicas. Os parâmetros avaliados foram: temperatura do líquido, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO),

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros físico-químicos das lagoas anaeróbias, facultativas I e II e de maturação durante o período experimental

Parâmetro	Afluente	Efluente LA	Efluente LFI	Efluente LFII	Efluente LM
Temperatura (°C)	25	24	23	22	22
pH	6,7	7,0	7,7	8,2	8,3
DBO (mg L ⁻¹)	2240	730	410	280	310
DQO (mg L ⁻¹)	10000	3700	1950	1600	1400
ST (mg L ⁻¹)	19000	2875	2100	2000	1900
STV (mg L ⁻¹)	16100	1900	1400	1200	1000
N – am. (mg L ⁻¹)	310	465	435	380	280
Pt (mg L ⁻¹)	25	6	3	2	1,5
CF (NMP 100 mL ⁻¹)	6,2 x 10 ⁵	4,8 x 10 ⁵	3,9 x 10 ⁵	4,1 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁵

demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST) e sólidos totais voláteis (STV), conforme descrito no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

As amostras foram processadas no laboratório de Saneamento da Escola de Veterinária da UFMG, e laboratório de análises físico-químicos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 são apresentados os valores médios dos parâmetros físico-químicos obtidos durante 350 dias de monitoramento dos afluentes e efluentes das lagoas anaeróbias, facultativas I e II e de maturação.

A temperatura média ambiente observada durante a fase experimental foi de 22°C, sendo o seu máximo de 29°C e o mínimo de 12°C.

Observaram-se maiores oscilações da temperatura nas lagoas em relação ao dejetos bruto, que apresentou valores médios superiores. Estas maiores variações foram em função das condições ambientais no entorno das lagoas durante o ano.

A temperatura, juntamente com a radiação solar e o vento são os principais parâmetros ambientais em lagoas de estabilização. A temperatura influencia na velocidade de fotossíntese, na taxa de decomposição bacteriana, solubilidade, transferência de gases e condições de mistura.

Observou-se que os valores de pH no afluente e na lagoa anaeróbia ficaram próximos da neutralidade durante todo o período experimental. Já para as lagoas facultativas e de maturação houve aumento do pH, devido ao consumo do gás carbônico em função da atividade fotossintética, que faz com que o pH se eleve.

Os valores médios do afluente de DBO e DQO encontrados neste trabalho são similares aos de SANTANA & OLIVEIRA (2005) e FERNANDES

(2006), superiores ao de MEDRI & MEDRI (2004) e inferiores ao que CAMPOS et al. (2005), evidenciando a grande variabilidade existente nesses parâmetros. Essa alta variabilidade está vinculada entre outros fatores ao manejo da granja, em função do maior ou menor consumo de água utilizado para higienização dos galpões.

A DBO e DQO efluentes apresentaram baixa variação durante todo o período experimental, com concentrações médias de 310 mg L⁻¹ e 1400 mg L⁻¹, respectivamente (Figuras 3 e 4).

As eficiências médias de remoção de DBO e DQO foram respectivamente 67,4 e 67% para a lagoa anaeróbia, 44 e 47% para a lagoa facultativa I, 32 e 18% para a lagoa facultativa II, e de -10 e 12,5% para a lagoa de maturação. A eficiência média do sistema foi de 86% tanto para DBO como para DQO.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) médio da lagoa anaeróbia foi de 6,4 dias e a carga orgânica volumétrica aplicada (COV) foi de 0,35 kgDBO m⁻³ d⁻¹. MEDRI & MEDRI (2004) obteve valor de COV de 0,24 kgDBO m⁻³ d⁻¹ para um TDH de 35 dias. MARA (1997) recomenda valores de COV para lagoas anaeróbias variando de 0,1 a 0,35 kgDBO m⁻³ d⁻¹.

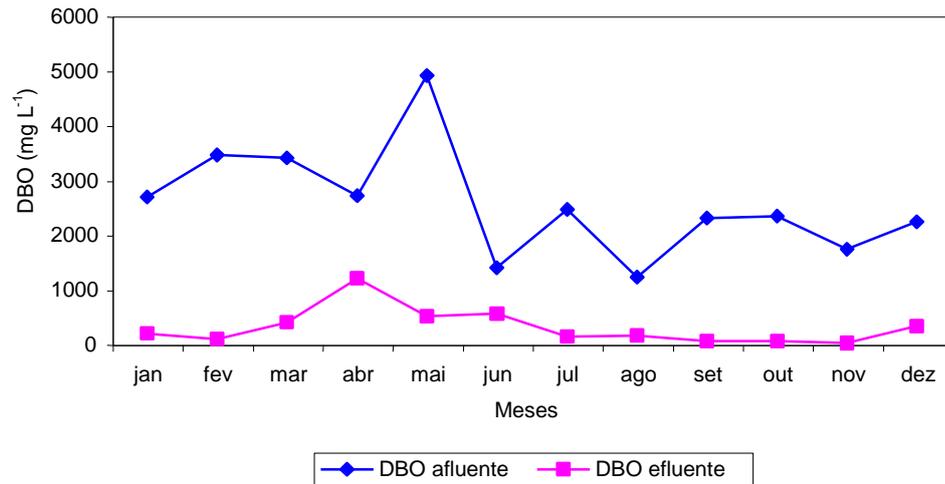


Figura 3. Variações da DBO no afluente e efluente do sistema de lagoas de estabilização ao longo do período experimental.

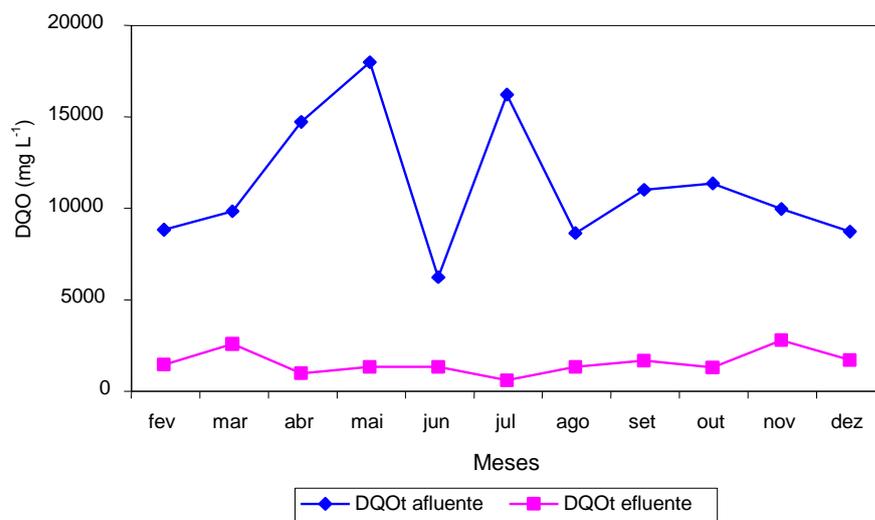


Figura 4. Variações da DQO no afluente e efluente do sistema de lagoas de estabilização ao longo do período experimental.

Para as lagoas facultativas os TDH médios foram de 7,7 e 7 dias, com valores de taxa de aplicação superficial (TAS) de

1288 kgDBO ha⁻¹ d⁻¹ e 640 kgDBO ha⁻¹ d⁻¹, respectivamente.

MEDRI; MEDRI (2004) operou com TDH de 24 dias e TAS de 294

kgDBO ha⁻¹ d⁻¹. VON SPERLING (2002) recomenda valores variando de 100 a 350 kg DBO ha⁻¹ d⁻¹. Os valores de TAS obtidos neste trabalho foram bem superiores aos relatados por estes autores, mostrando que as lagoas facultativas foram operadas em regime de sobrecarga o que

explica as baixas eficiências de remoção de DBO e DQO.

Foram calculados os valores do coeficiente de remoção de DBO para os regimes hidráulicos de mistura completa e fluxo disperso, corrigidos para a temperatura de 20°C (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de coeficiente de remoção de DBO para as lagoas anaeróbia e facultativa.

Unidade	Regime hidráulico	
	K DBO mistura completa (d ⁻¹)	K DBO fluxo disperso (d ⁻¹)
LA	0,32	0,19
LFI	0,10	0,06
LFII	0,06	0,01

Observou-se maior constante k para a lagoa anaeróbia reduzindo-se nas lagoas facultativas. Estes menores valores de k nas lagoas facultativas foram devidos provavelmente ao baixo TDH, o que explica as baixas eficiências das lagoas facultativas.

VON SPERLING (2001), analisando a remoção de DBO em 10 lagoas de estabilização primárias e secundárias no Sudeste do Brasil, encontrou K = 0,40 d⁻¹ para as primárias e K = 0,27 d⁻¹ para as secundárias, considerando fluxo hidráulico de mistura completa. ROCHA (2002) encontrou valores de K = 0,25 d⁻¹ e K = 0,11 d⁻¹ para regime hidráulico de mistura completa e fluxo disperso, respectivamente, para uma lagoa facultativa recebendo efluentes de

esgotos domésticos de reator UASB em escala real. MASCARENHAS et al. (2004) avaliou o desempenho de duas lagoas de polimento rasas, em série, tratando efluentes de esgotos domésticos de um reator UASB obtendo K_{DQO} variando de 0,19 a 0,52, considerando fluxo disperso.

O coeficiente de remoção de DBO e/ou DQO naturalmente é mais elevado em lagoas primárias, pois, o esgoto bruto contém matéria orgânica de degradação mais fácil. Em decorrência, as lagoas secundárias apresentam valores de K mais reduzidos. Porém observou-se grande redução do valor de K nas lagoas facultativas, mostrando que estas lagoas não operaram adequadamente, o que evidencia as baixas eficiências obtidas.

Houve grande remoção de ST e STV na lagoa anaeróbia, com eficiências médias de 85% e 88%, respectivamente. A lagoa facultativa I apresentou eficiência média de 27% e 26%, a lagoa facultativa II de 5% e 14%, e a lagoa de maturação 5% e 16% para ST e STV, respectivamente. O sistema apresentou eficiência média de 90% para ST e 94% para STV.

Os baixos valores de eficiência nas lagoas facultativas e de maturação foram devidos à sobrecarga hidráulica e orgânica a qual essas lagoas foram submetidas.

Durante a pesquisa observou-se que as lagoas apresentavam zonas estagnadas, notadamente nos cantos, pelo fato do projeto não apresentar o desenho dos dispositivos de entrada e saída do efluente de forma a proporcionar a correta homogeneização do líquido na lagoa. Outro aspecto observado foi o crescimento de vegetação dentro das lagoas facultativas e de maturação, o que reduz a eficiência e o volume útil das lagoas. Também foi observado assoreamento, principalmente na lagoa anaeróbia, causada pela grande quantidade de lodo e pelo carreamento de solo. As lagoas não apresentavam proteção do talude interno e não possuíam proteção nas bordas para entrada de águas pluviais. Logo, frequentemente havia necessidade de remoção do lodo por bombeamento,

lodo este que não recebia tratamento adequado (Figura 4).

4. CONCLUSÕES

O sistema de tratamento mostrou ser eficiente na remoção de matéria orgânica e sólidos, com eficiências médias de 86% para DBO e DQO, 85% para ST e 88% para STV. A lagoa anaeróbia foi a mais eficiente, apresentando parâmetros de projetos condizentes com os utilizados por outros autores.

As lagoas facultativas apresentaram valores elevados, evidenciando que foram subdimensionadas e por isso tiveram desempenho baixo.

O sistema apresentou falhas de projeto, no que diz respeito à falta de impermeabilização, inclinação adequada do talude interno, dispositivos para evitar a entrada de águas superficiais, o que acarretou assoreamento, com redução efetiva do volume das lagoas, e aumento da frequência de remoção de lodo.

Os dispositivos de entrada e saída do efluente não atenderam o fluxo hidráulico, o que causou curto-circuito e zonas mortas nas lagoas, inclusive com crescimento de vegetação.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **ABIPECS**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em: 7 mai. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. **ABCS**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.abcs.com.br>>. Acesso em 7 mai. 2008.
- CAMPOS, C.M.M.; MOCHIZUKI, E.T.; DAMASCENO, L.H.S. et al. 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.
- 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
- IDE, C. N. et al. Avaliação do Sistema de Tratamento de Esgoto e Implicações na Qualidade da Água Superficial em Bonito – MS, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 19., 1997, Foz de Iguaçu. **Anais...Foz do Iguaçu**: ABES, 1997. v. I-152. p. 887-896.
- JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; LOPEZ, A.B. de C. Análise de custo de dois sistemas naturais de tratamento de água residuária na suinocultura. **Energia Agrícola**, vol.22, n.1, p.112-124, 2007.
- MARA, D.D. **Design manual for waste stabilization ponds India**. Leeds: Lagoon Technology International LTD, 1997.
- MASCARENHAS, L. C. A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasa, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 9, n.1, p 45-54, 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.
- ROCHA, N. E. P. **Avaliação de um sistema de tratamento de esgotos constituído de reator UASB e**

- lagoa facultativa, em escala real.**
2002. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte.
- SANTANA, A. M.; OLIVEIRA, R. A.
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.
- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. **APHA/AWWA/WEF.** 20 ed. Washington, D. C. 1998.
- VON SPERLING, M. Remoção de DBO em 12 lagoas de estabilização primárias e secundárias no Sudeste do Brasil. In: IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – SILUBESA. Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2001.
- VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização.** 2. ed. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 2002. 196 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 3).