



## TITULO

# REATOR UASB TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO E DIGERINDO LODO AERÓBIO EXCEDENTE.

## NOME DOS AUTORES

### **Adriana Hélia Caseiro** <sup>(1)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Mackenzie; Especialista em Saneamento Ambiental pela Universidade Mackenzie; Mestre em Engenharia Civil, na área de Engenharia Hidráulica e opção em Saneamento Básico pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professora do Departamento de Exatas do Centro Universitário Nove de Julho (UNINOVE).



### **Roque Passos Piveli**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

### **Pedro Alem Sobrinho**

Engenheiro Civil e Engenheiro Sanitarista pela Universidade de São Paulo; Mestre em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo; MSc in Public Health Engineering pela Universidade de Newcastle Upon Tyne, UK; Doutor em Engenharia pela Universidade de São Paulo; Livre docência pela Universidade de São Paulo. Professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

**Endereço (1):** Rua: Teresa de Melo, 115 – Jardim Teresópolis - Guarulhos – São Paulo – CEP: 07082-040 - Brasil - Tel.: ++(5511) 6457-5067 - e-Mail: [adrianacaseiro@uninove.br](mailto:adrianacaseiro@uninove.br) ou [adriana.caseiro@uol.com.br](mailto:adriana.caseiro@uol.com.br).

## RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de avaliação de desempenho de um reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo (UASB) tratando esgoto sanitário e digerindo lodo aeróbio excedente de um sistema de lodo ativado. Para tanto, foram instalados dois reatores UASB de PVC reforçado de 407 L cada e um Sistema de Lodo ativado no Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo. Este experimento considerou três fases de avaliação: (1) Partida dos reatores UASB 1 e UASB 2 (0° ao 194° dia), (2) Estabilização dos Reatores UASB 1 e UASB 2 (195° ao 412° dia) e (3) Dosagem de lodo aeróbio excedente do sistema de Lodo ativado no reator UASB 2 (413° ao 527° dia).

Com uma vazão afluyente de esgoto de 50 L/h, um TDH de 8 horas e uma vazão média de lodo aeróbio excedente de 24 L/d foram obtidas as seguintes concentrações médias no efluente do UASB 2 na Fase 3:  $198 \pm 158$  mg/L (DQO Total),  $46 \pm 18$  mg/L (DBO Total),  $48 \pm 19$  mg/L (SST). No mesmo período e com uma mesma vazão afluyente de esgoto e mesmo TDH, o UASB 1 apresentou as seguintes concentrações médias efluente:  $234 \pm 157$  mg/L (DQO Total),  $67 \pm 1$  mg/L (DBO Total),  $72 \pm 67$  mg/L (SST).

Mediante tais resultados, pode-se concluir que o UASB 2 reduziu a matéria orgânica afluyente e manteve a eficiência no tratamento de esgotos, não tendo seu desempenho afetado negativamente quando do recebimento do lodo aeróbio excedente.

## PALAVRAS CHAVE

Esgoto sanitário, Lodo aeróbio, Reator UASB, Lodo Ativado, Digestão de lodo.

## INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia é conhecida como opção para o tratamento de esgotos domésticos por aproximadamente 100 anos. Entretanto, com o advento da crise energética, os sistemas de tratamento baseados em processos anaeróbios passaram a ser foco de diversos estudos (VIEIRA, 1984).

Vários desenvolvimentos em processos anaeróbios ocorreram, até que na década de 70, Dr. Gatzte Lettinga e sua equipe desenvolveram na Holanda, o “Upflow Sludge Blanket (UASB) Reactor”. Com o surgimento deste tipo de reator, alguns estudos foram realizados em São Paulo (1983), Bucaramanga (1983-1987), Cali (1983 - 1987) e Kampur (1989), com o intuito de verificar a aplicação do reator UASB no tratamento de esgotos (NETO, 1994). Nos dias de hoje, a utilização de reatores de manta de lodo para o tratamento de esgotos domésticos no Brasil é uma realidade, com experiências bem sucedidas no Paraná, São Paulo, Paraíba e Minas Gerais (CHERNICHARO, 1997).

Devido ao fato da digestão anaeróbia solubilizar e reduzir as substâncias orgânicas complexas por meio de microorganismos que não necessitam de oxigênio, de promover a redução de 35% a 60% da concentração de sólidos voláteis presentes no lodo e de ter um baixo custo operacional, passou a ser muito utilizada para a estabilização de lodo. Mediante tais vantagens, em 1994 VAN HAANDEL E LETTINGA fizeram a primeira proposta de envio de lodo aeróbio excedente para um reator UASB que já tratava esgoto sanitário (ANDREOLI et al, 2001; TSUTIYA et al, 2001; CASSINI et al, 2003; PONTES, 2003 a).

Nos anos subseqüentes, vários trabalhos foram realizados para se verificar esse tipo de tratamento combinado em reator UASB, cujos dados podem ser verificados abaixo na Tabela 1:

**Tabela 1 – Trabalhos de referência.**

Fonte	Origem do lodo aeróbio	Resultados Efluente UASB			Eficiência de remoção		
		DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO (%)	DBO (%)	SST (%)
SOUSA (1996)	Reator sequencial em batelada	58,1	-	38	86	-	85
BOF et al (1999)	Biofiltro aerado submerso	136	50	41	79	74	76
FREIRE (1999)	Lodo Ativado	114	-	-	84	-	-
COURA et al (1999)	Lodo Ativado do tipo Bardenpho	-	-	-	60	-	-
VERONEZ (2001)	Biofiltro	95	161	52	-	-	-
WANKE et al (2002)	Biofiltro aerado submerso	66	16	15	88	92	94
GONÇALVES et al (2002)	Biofiltro aerado submerso	186	-	77	64	-	63
PONTES (2003)	Filtro biológico percolador	104	66	20	75	74	-

Conforme resultados obtidos nestes experimentos, o recebimento de lodo aeróbio não promovia instabilidade do reator e nem alterações de desempenho, apresentando eficiência de remoção de DQO e DBO semelhantes a um sistema sem retorno de lodo. Além disso, também apresentava viabilidade econômica, pois produzia um volume reduzido de lodo estabilizado e altamente concentrado (BOF et al, 1999; FREIRE, 1999; GONÇALVES et al, 2002; PONTES, 2003 b).

Neste trabalho será apresentada a avaliação de desempenho de um reator UASB, quando do recebimento de lodo aeróbio em excesso de um sistema de lodo ativado. Para tanto, foram verificados os seguintes itens: desempenho do reator UASB quanto à remoção de matéria orgânica e de sólidos suspensos; estabilidade da operação em termos de ácidos voláteis, pH e alcalinidade; efeito do recebimento do excesso de lodo ativado e grau de mineralização do lodo (SSV/SST).

## METODOLOGIA

A pesquisa em questão envolveu as seguintes atividades:

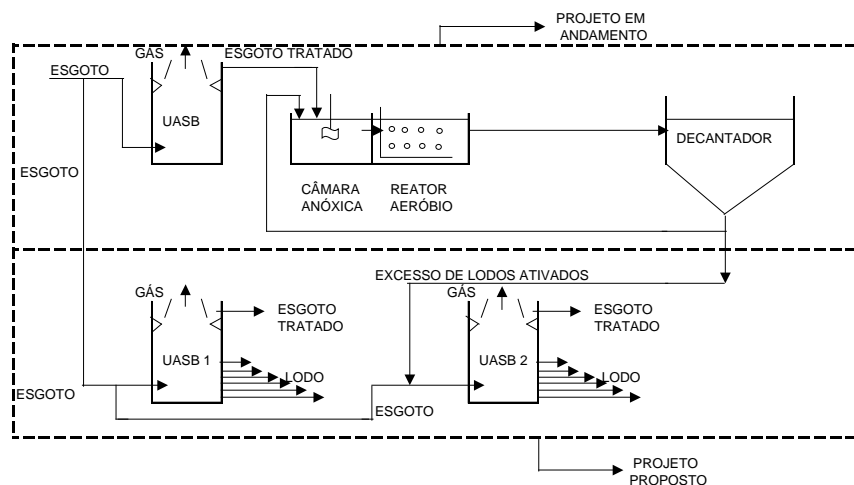
- Instalação e operação de dois reatores do tipo UASB (UASB 1 e UASB 2), com um volume de 407 L cada;
- Monitoramento de um sistema de lodo ativado em escala piloto;
- Coleta de amostras dos pilotos instalados para execução de análises laboratoriais;
- Análise de desempenho dos reatores UASB, um tratando esgoto sanitário sem receber excesso de lodo ativado (UASB 1) e outro recebendo conjuntamente com o esgoto o excesso de lodo ativado (UASB 2).

O esgoto utilizado neste experimento, proveniente da elevatória de esgotos instalada em frente o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo (CRUSP), era bombeado para o Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) para tratamento. Ao chegar nesse local, esse esgoto passava por um pré-tratamento composto por uma peneira, uma caixa de areia e uma caixa de gordura, sendo em seguida encaminhado para os reatores UASB externo, UASB 1 e UASB 2.

O reator UASB externo possuía um volume útil de 24 m<sup>3</sup> e um TDH de 8 horas, enquanto que os reatores UASB 1 e UASB 2 eram fabricados de PVC reforçado, com 4 m de altura e 0,36 m de diâmetro e TDH de 8 horas.

O efluente proveniente do UASB externo era encaminhado para um sistema de lodo ativado, que já se encontrava instalado no CTH. Este sistema de tratamento era composto por uma caixa de alimentação; uma câmara anóxica; um reator aeróbio; um decantador circular; bombas de alimentação, de retorno de lodo e de dosagem de alcalinizante; pHmetro e sensor de temperatura. A vazão de alimentação deste sistema era de 50 L/h; com recirculação de lodo para a câmara anóxica; descarte de lodo em excesso (24 L/d) e idade de lodo de 10 dias.

Na Figura 1 apresenta-se um esquema das instalações.



**Figura 1 – Fluxograma do processo combinado**

Para o tratamento do lodo excedente proveniente do sistema de lodo ativado, utilizou-se o reator UASB 2, que já era utilizado para o tratamento do esgoto do CRUSP. Paralelamente a

este último sistema, utilizou-se o reator UASB 1 só para o tratamento de esgoto. Em cada um desses reatores foram instalados seis (06) pontos de amostragem de lodo, com um espaçamento entre eles de 0,5 m. Portanto, cada reator era composto pelos seguintes pontos de amostragem: afluente, ponto 1, ponto 2, ponto 3, ponto 4, ponto 5, ponto 6 e efluente.

Contudo, a operação do sistema foi dividida em três fases. Na Fase 1 os reatores UASB 1 e UASB 2 foram inoculados com 100L de lodo cada um e receberam os procedimentos de partida recomendados por CHERNICHARO et al (1999). Neste período foram coletadas amostras dos reatores para se verificar qualquer variação indesejável e analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, alcalinidade e ácidos voláteis. Em seguida, os reatores foram alimentados com esgoto numa vazão inicial de 10 L/h, aumentando-se gradativamente até 50 L/h (tdh de 40 a 8 horas), conforme o tratamento apresentava eficiência. Com o início da alimentação dos reatores com esgoto outras análises passaram a ser realizadas, tais como: DQO, SST, SSF, SSV.

Na Fase 2, os reatores UASB 1 e UASB 2 foram alimentados com esgoto numa vazão de 50 L/h e os parâmetros analisados nesta etapa foram todos os adotados na etapa anterior e mais o nitrogênio total Kjeldhal, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito.

Já na Fase 3, o reator UASB 2 passou a receber 50L/h de esgoto e também 24 L/d de lodo aeróbio excedente do sistema de lodo ativado. Quanto aos parâmetros analíticos, pode-se dizer que deveriam permanecer os mesmos da etapa anterior. No entanto, em função de um problema com o funcionamento do digestor usado para as análises de nitrogênio total Kjeldhal, e na impossibilidade de efetuar estas análises em outro laboratório, não foi possível proceder com a análise destes parâmetros nesta etapa da avaliação. Assim sendo, os parâmetros analisados nesta fase foram apenas aqueles estipulados na Fase 1.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e os métodos aplicados nestas análises seguem os recomendados pelo "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 19.ed. Na Tabela 2 são apresentados os métodos analíticos aplicados nas determinações dos parâmetros de monitoramento dos pilotos.

**Tabela 2 – Métodos utilizados nas análises laboratoriais.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Método Analítico</b>
Temperatura	Medição com Termômetro de Mercúrio
pH	Método potenciométrico com eletrodo de pH
Alcalinidade	Titulação potenciométrica de neutralização ácido-base
Ácidos Voláteis	Método simplificado: filtração da amostra, titulação com H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH 3, aquecimento em chapa por 5 minutos e titulação com NaOH até pH 4 e 7.
DQO	Método convencional de oxidação química com dicromato de potássio catalisada pela prata em refluxo aberto. Titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.
DBO	Técnica das diluições sem sementeira e incubação a 20°C. Determinação de concentração de oxigênio dissolvido pelo Método de Winkler modificado pela Azida de Sódio (Iodometria)
Sólidos em Suspensão Totais, Fixos e Voláteis	Sólidos em Suspensão Totais determinados por filtração em filtro-membrana de fibra de vidro de 1, 2 1/4 e secagem em estufa a 104°C. Sólidos em Suspensão Fixos: calcinação da membrana após filtração e secagem em forno mufla a 550-600°C. Sólidos Suspensos Voláteis determinados por diferença (cálculo)
Nitrogênio Total Kjeldhal	Digestão química do nitrogênio orgânico, destilação da amônia e titulação com ácido sulfúrico da amônia destilada
Nitrogênio Amoniacal	Destilação da amônia e titulação com ácido sulfúrico da amônia destilada
Nitrato	Método potenciométrico com eletrodo de nitrato
Nitrito	Colorimetria com etilenodiamina e sulfanilamida com leituras de absorbância em espectrofotômetro UV-Visível.

## RESULTADOS

Os resultados analíticos encontrados para temperatura, pH, alcalinidade, ácidos voláteis, DQO, SST da Fase 2 e Fase 3 do experimento são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Resultados médios encontrados na Fase 2 e na Fase 3**

PARÂMETRO	UNIDADE	Afluyente	Efluente Fase 2		Afluyente	Efluente Fase 3	
		Fase 2	UASB 1	UASB 2	Fase 3	UASB 1	UASB 2
pH	-	7,1 ± 0,4	7 ± 0,2	7 ± 0,2	6,8 ± 0,3	6,7 ± 0,1	6,8 ± 0,1
Temperatura	°C	22 ± 3	21 ± 3	21 ± 3	27 ± 1	26 ± 1	26 ± 1
Alcalinidade	mg/L	231 ± 35	250 ± 27	249 ± 25	148 ± 26	159 ± 17	162 ± 17
Ácidos Voláteis	mg/L	21 ± 6	10 ± 2	10 ± 2	17 ± 6	10 ± 0	10 ± 3
DQO	mg/L	678 ± 674	220 ± 69	190 ± 47	446 ± 168	234 ± 157	198 ± 158
DBO	mg/L	350 ± 128	111 ± 54	98 ± 44	334 ± 249	67 ± 1	46 ± 18
SST	mg/L	209 ± 335	109 ± 91	64 ± 35	87 ± 21	72 ± 67	48 ± 19
SSV/SST	-	-	0,74	0,74	-	0,74	0,74

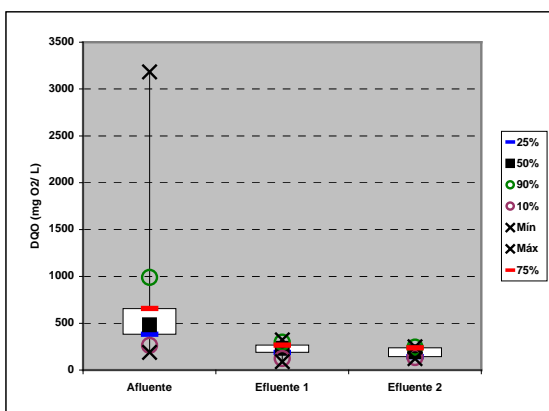
Quando os valores de ácidos voláteis variavam durante o experimento, foram observadas pequenas variações nos valores de pH. Contudo, tal parâmetro acabou se mantendo entre 6,5 e 7,2 e atendeu ao especificado na Resolução CONAMA 357.

A estabilidade dos reatores foi mantida, pois os valores de ácidos voláteis permaneceram abaixo de 200 mg/L. Altos valores de ácidos voláteis no afluyente e baixos valores nos efluentes indicam que o sistema está em equilíbrio e que as bactérias metanogênicas estão utilizando os ácidos voláteis intermediários.

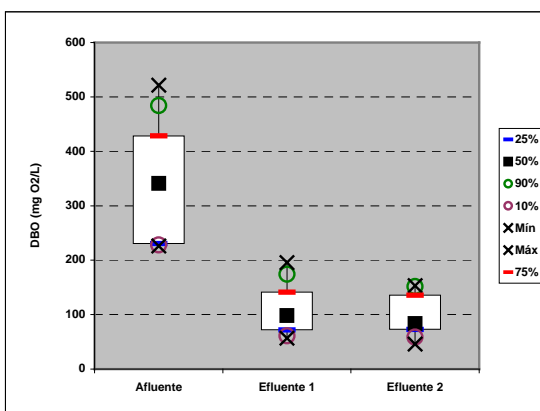
Os resultados encontrados no parâmetro alcalinidade foram menores no afluyente do que no efluente do UASB 1 e do UASB 2. Entretanto, nenhuma interferência na estabilidade dos reatores foi observada.

Por meio dos resultados apresentados na Tabela 4, pode-se verificar que na Fase 2 os reatores apresentavam-se estáveis e com eficiências próximas. Já na Fase 3, as seguintes eficiências médias globais foram apresentadas: 67% (DQO), 74% (DBO) e 42% (SST) para o UASB 1 e 70% (DQO), 85% (DBO) e 43% (SST) para o UASB 2.

As Figuras 2 e 3 mostram os dados de DQO e DBO distribuídos em gráficos do tipo box-plot, também para a Fase 2:



**Figura 2 – Concentração de DQO - Fase 2**



**Figura 3 – Concentração de DBO – Fase 2**

As Figuras 4 e 5 mostram os dados de DQO e DBO distribuídos em gráficos do tipo box-plot, também para a Fase 3:

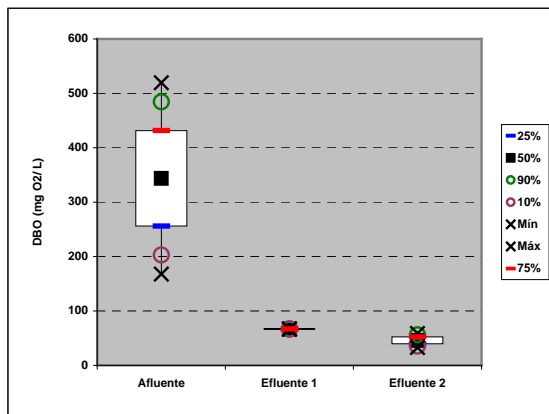


Figura 4 – Concentração de DQO - Fase 3

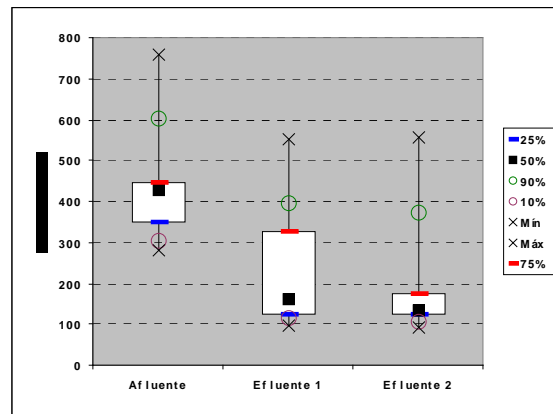


Figura 5 – Concentração de DBO – Fase 3

O aumento da quantidade de sólidos presentes em cada um dos reatores anaeróbios (UASB 1 e UASB 2) pode ser verificado através da Figura 6. Vale ressaltar que durante todo o período do experimento não foi feito nenhum descarte de lodo.

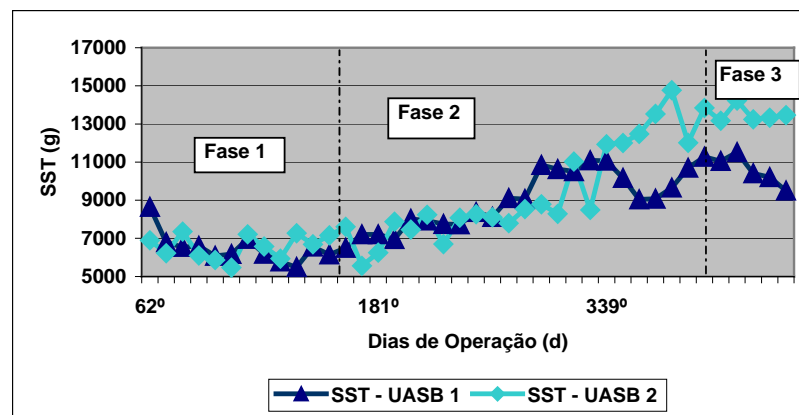


Figura 6 – Quantidade de SSV no compartimento de digestão do UASB 1 e do UASB 2

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados demonstraram que o envio de excesso de lodo ativado ao reator UASB:

- não alterou a eficiência do reator UASB na remoção de DQO, que se manteve em torno de 70%, valor típico esperado para esta modalidade de tratamento;
- não comprometeu a estabilidade do reator UASB, que operou com relação alcalinidade/ácidos voláteis elevada e semelhante à do reator que tratou apenas esgoto;
- não comprometeu a digestão do lodo que se manteve com relação SSV/SST = 0,74, idêntica à do lodo do reator que tratou apenas esgoto.

Recomenda-se a ampliação dos estudos sobre as interferências que um reator UASB pode sofrer, ao receber lodo aeróbio de um sistema de lodo ativado que passou por tratamento físico-químico para remoção de fósforo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLLI, C. V. et al. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, 2001. 282 p. ISBN 85-86552-19-4.
2. BOF, V. S. **ETE UASB + Biofiltro aerado submerso: desempenho operacional com retorno do lodo aeróbio para o UASB**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999. 1 CD-ROM.

3. CASSINI, S. T. et al. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, EIMA, 2003. 210 p. ISBN 86552-68-2.
4. CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 246 p. ISBN 85-7041-130-8.
5. CHERNICHARO, C. A. L.; VAN HAANDEL, A.; AISSE, M. M.; CAVALCANTI, P. F. F. **Reatores anaeróbios de manta de lodo**. In: PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
6. COURA, M. A. et al. **Viabilidade técnica e econômica do digestor anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) no sistema anaeróbio/aeróbio**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 1999. 1 CD-ROM.
7. FREIRE, V. H. et al. **Avaliação do desempenho de um sistema combinado UASB - Lodo ativado no tratamento de efluentes sanitários**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 20., 1999, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 1999. 1 CD-ROM.
8. GONÇALVES, R.F. et al. **Using a UASB reactor for thickening and digestion of discharged sludge from submerged aerated biofilters**. Water Science and Technology, v. 45, n.10, p. 299-304, 2002.
9. NETO, C. O. A. **Pesquisa referente à experiência brasileira relativa a sistemas de baixo custo para tratamento de águas residuárias**. Rio Grande do Norte: Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1994. 228 p.
10. PONTES, P. P. **Reatores UASB aplicados ao tratamento combinado de esgotos sanitários e lodo excedente de filtro biológico percolador, 2003 a**. 214 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
11. PONTES, P. P. et al. **Performance evaluation of an UASB reactor used for combined treatment of domestic sewage and excess aerobic sludge from a trickling filter**. Water Science and Technology, v. 48, n.6, p. 227-234, 2003 b.
12. SOUSA, J. T. **Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio de fluxo ascendente em reator aeróbio seqüencial em batelada e coluna de lodo anaeróbio para desnitrificação, 1996**. 258 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
13. TSUTIYA, M. et al. **Biossólido na Agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. 468 p. ISBN 85-900823-5-0.
14. VERONEZ, F. A. **Desempenho de um reator UASB tratando esgoto sanitário e realizando concomitantemente o adensamento e a digestão do lodo de descarte de biofiltros aerados submersos, 2001**. 151 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.
15. VIEIRA, S. M. M. **Tratamento de esgoto por digestores anaeróbios de fluxo ascendente**. Revista DAE, São Paulo, v.44, n.139, p. 322-328, dez. 1984.
16. WANKE, R. et al. **Utilização de Estações de Tratamento de Esgotos modulares compactas associando reatores anaeróbios e aeróbios na região sudeste do Brasil**. In: TALLER Y SIMPOSIO LATINOAMERICANO SOBRE DIGESTIÓN ANAEROBIA, 7., 2002, Mérida, Yucatán, México. Anais...Mérida: IWA, 2002. p. 229-232.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.