

TRATAMENTO DE ESGOTOS POR DIGESTÃO ANAERÓBIA

Sonia M.M. Vieira¹
Marcos E. Souza²
Jussara L. Carvalho³
Alcides D. Garcia Jr.³
Carlos E.M. Pacheco⁴
Carlos H. Catabi⁵
Wanderley Borba⁵

RESUMO — A tecnologia de tratamento de esgotos domésticos por digestor anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo apresenta uma solução para muitas situações no Brasil, tendo em vista seu baixo custo, simplicidade, pequena área ocupada e possibilidade de modulação. A CETESB desenvolveu e instalou um digestor com 120 m³ de volume e neste trabalho são apresentados os resultados obtidos, assim como as etapas de desenvolvimento da tecnologia.

Palavras-chave: esgoto, esgotos domésticos, digestor anaeróbio de fluxo ascendente, reator UASB, tratamento de esgotos domésticos, processos anaeróbios, saneamento, digestão anaeróbia, projeto, desempenho, custos.

ABSTRACT — Domestic wastes treatment technology by upflow anaerobic sludge blanket digester offers a solution to a number of situations in Brazil, taking into account its low cost, simplicity, small area used and possibility of modulation. CETESB has developed and built a 120 m³ digester and this paper presents the results that have been obtained and the steps of the technological development.

Key words: sewage, domestic sewage, UASB reactor, domestic sewage treatment, anaerobic digestion, design, performance, costs.

INTRODUÇÃO

A condição de saneamento básico no Brasil é crítica, principalmente no que se refere ao tratamento de efluentes. No Estado de São Paulo, praticamente não existe o tratamento dos esgotos. Na Região Metropolitana, apenas 50% dos esgotos possuem rede coletora e, destes, apenas 5% recebem tratamento a nível primário. No interior do Estado a situação não é diferente e os esgotos domésticos praticamente também não são tratados.

Isso se deve, em grande parte, a dois fatores: a não existência de uma tecnologia para tratar esses efluentes, compatível com a realidade do país, e ao custo elevado dos coletores e principalmente interceptores, que são utilizados para conduzir os esgotos à estação de tratamento.

Para melhorar as condições de saneamento é indispensável o desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgotos simples e econômicos, de fácil operação e manutenção.

Quando se dispõe de grandes áreas, e quando o custo do terreno é pouco significativo, as lagoas de estabilização convencionais constituem um processo de tratamento adequado, pois são simples e não exigem cuidados especiais nem custos elevados para sua construção, operação e manutenção. Contudo, apresenta o inconveniente — dificilmente contornável — que é a necessidade de longos trechos de coletores e interceptores, pois geralmente as áreas disponíveis ficam afastadas das zonas urbanas.

Os processos que utilizam aeração forçada, como lodos ativados, lagoas aeradas, valos de oxidação etc., constituem opções eficientes para o tratamento de esgotos, particularmente em zonas urbanas, visto que requerem áreas relativamente pequenas. No entanto, estes processos são caros e sofisticados, exigem equipamentos mecânicos, consomem energia, produzem grandes quantidades de lodo indesejável e são de difícil e cara operação e manutenção. Sua utilização só se justifica, até o presente, por falta de opções tecnológicas, especialmente no que se refere ao tratamento de esgotos de médias e grandes populações.

O digestor anaeróbio de fluxo ascendente e manto de lodo é uma nova tecnologia (Lettinga et alii, 1980-1983), cujas principais características são exatamente o baixo custo, a simplicidade e a possibilidade de modulação.

¹Química da CETESB, Mestre em Bioquímica pela Universidade de Paris VI.

²Engenheiro Químico Consultor, Mestre em Engenharia pela USP.

³Engenheiros Químicos da CETESB, Mestres em Engenharia pela USP.

⁴Químico da CETESB.

⁵Analistas de Laboratório da CETESB.

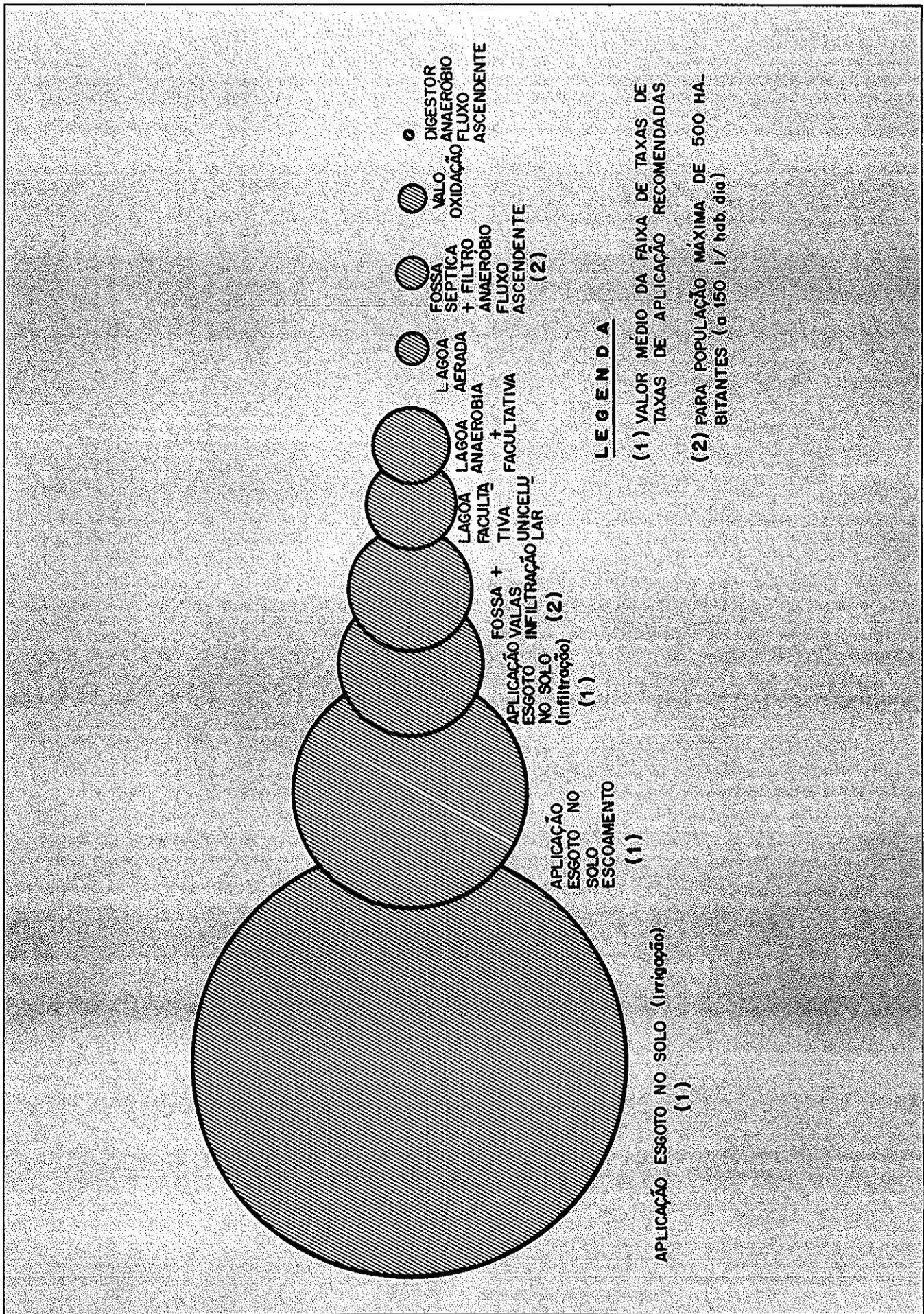


FIGURA 1 — Comparação entre áreas de algumas opções de tratamento de esgotos (Fonte: Gasi et alii, 1986).

3 O digester consiste de um tanque em cuja parte superior há um decantador e um sistema de deflexão de gases. O resíduo é uniformemente distribuído no fundo do reator e o percorre em fluxo ascendente. Forma-se no fundo do reator um manto de lodo responsável pela degradação da matéria orgânica do resíduo, transformando-a em gás metano, gás carbônico e novas bactérias. O efluente tratado é recolhido no topo do reator e o excesso de lodo retirado periodicamente do fundo, sendo o biogás coletado para posterior aproveitamento. A área ocupada pelo sistema é extremamente reduzida, e ele não emprega qualquer equipamento eletromecânico, além de produzir energia na forma de gás metano. Como principais desvantagens o digester anaeróbio de fluxo ascendente apresenta uma remoção de matéria orgânica cerca de 15% inferior à dos processos convencionais e a necessidade de cuidados especiais durante os primeiros meses de operação para as primeiras unidades a serem instaladas.

2 As características descritas acima viabilizam sua aplicação ao tratamento de esgotos desde conjuntos habitacionais até comunidades de grande porte (A Figura 1 compara a área ocupada por alguns sistemas de tratamento de esgotos, podendo-se verificar a área reduzida ocupada pelos biodigestores.)

As principais vantagens do digester anaeróbio de fluxo ascendente são:

- pequena área ocupada, o que pode ser verificado pela Figura 1;
- baixo custo de investimento: cerca de US\$ 10 por habitante;
- possibilidade de modulação;
- dispensa o uso de aeradores e outros equipamentos eletromecânicos;
- potencialidade para aplicação em comunidades de qualquer tamanho;
- a geração do gás combustível metano.

A CETESB, São Paulo, em função dos estudos efetuados em reatores de 106 l, instalou um reator com 120 m³ de capacidade para demonstração da viabilidade do sistema. Os resultados obtidos na pesquisa de desenvolvimento deste processo são apresentados a seguir.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO

A evolução do desenvolvimento de biodigestores anaeróbios de fluxo ascendente para o tratamento de esgotos domésticos deu-se em três fases distintas:

1.ª fase: experimentos desenvolvidos em reator de 106 l de capacidade, aquecido a 35°C, tratando esgoto doméstico, previamente decantado (Vieira, 1984);

2.ª fase: experiência com o mesmo reator de 106 l, sem aquecimento, tratando esgoto bruto (Vieira e Souza, 1986);

3.ª fase: ensaio utilizando um reator de 120 m³, tratando esgoto bruto sem aquecimento.

1.ª fase de desenvolvimento

Um reator de fluxo ascendente e manto de lodo de 106 l de capacidade útil foi projetado especialmente para o tratamento de esgotos, construído em PVC e operado continuamente com esgoto pré-decantado, durante cerca de sete meses. O esquema do reator é apresentado na Figura 2. O esgoto era proveniente da Estação Pinheiros de Tratamento de Esgotos, da Sabesp. A temperatura de operação foi controlada em 35°C, recirculando água aquecida por uma serpentina que envolve o reator. Utilizou-se como inóculo, apenas no início da experiência, lodo digerido, também da ETE Pinheiros (Vieira, 1984).

Foi dada a partida no digester e após quatro meses atingiu-se a estabilidade do processo. Durante mais três meses ele foi operado em regime estacionário, obtendo-se os dados mostrados nas Figuras 3 e 4 e nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. Ao se atingir a estabilidade do processo, observou-se paralelamente a completa granulação do lodo. Os lodos apresentaram em média 4 mm de diâmetro após oito meses de operação (Nucci et al, 1985).

A formação desse lodo com boas características de atividade e decantação (índice volumétrico de lodo de 25 ml/g) é o que possibilita o tratamento de esgoto com apenas 4 horas de tempo de

de digester com ou sem aquecimento

* Aparente de início

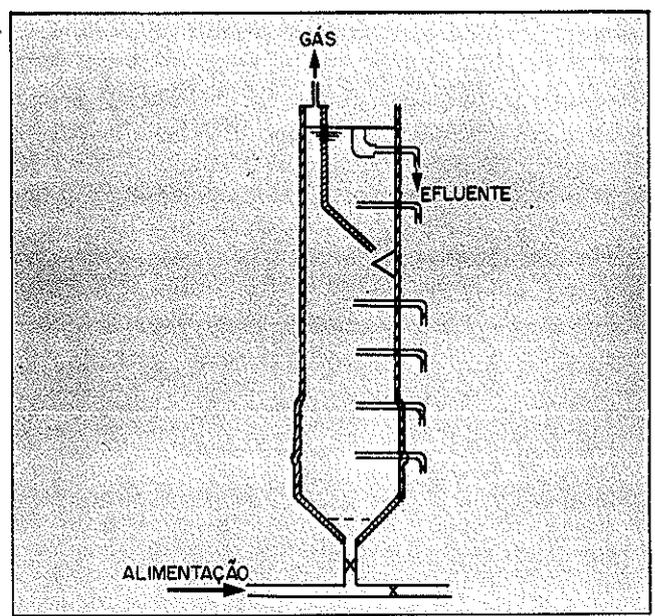


FIGURA 2 — Reator de fluxo ascendente de manto de lodo utilizado para o tratamento de esgotos domésticos (Fonte: Vieira, 1984).

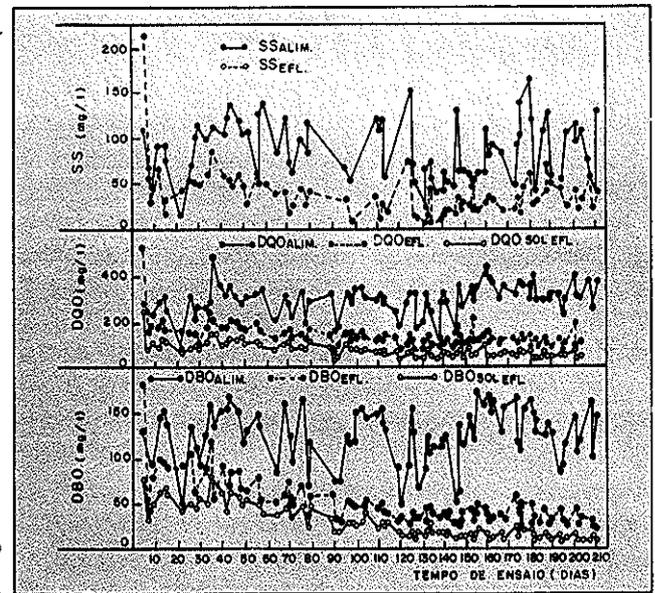


FIGURA 3 — Características físico-químicas da alimentação e do efluente no tratamento de esgoto decantado a 35°C em DAFA de 106 litros de capacidade.

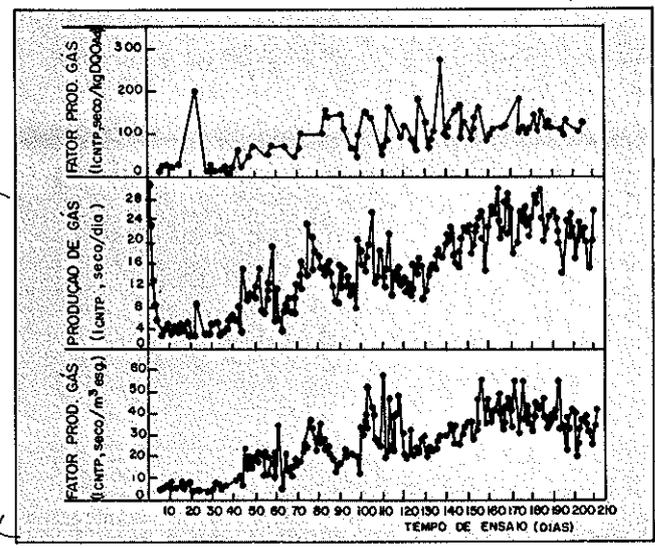


FIGURA 4 — Variação da produção de gás com o tempo de ensaio no tratamento de esgoto decantado a 35°C em DAFA de 106 litros de capacidade — 1.ª fase.

TABELA 1 — Remoções médias de carga orgânica e de sólidos em suspensão obtidos durante o regime estacionário — 1.ª fase.

Remoção de DBO no efluente total	72%
Remoção de DBO no efluente filtrado	88%
Remoção de DQO no efluente total	65%
Remoção de DQO no efluente filtrado	83%
Remoção de SS	61%

TABELA 2 — Médias das determinações das características físico-químicas da alimentação e do efluente durante o regime estacionário — 1.ª fase.

		Alimentação (esgoto decant.)	Efluente
DBO	(mg/l)	137	38
DBO Sol.	(mg/l)	—	16
DQO	(mg/l)	341	119
DQO Sol.	(mg/l)	—	59
SS	(mg/l)	88	34
pH		7,0	6,9

TABELA 3 — Resultados da produção de gases durante o regime estacionário — 1.ª fase.

Produção de gás ($\frac{^{\circ}\text{CNTP, seco}}{\text{dia}}$)	23
Fator de produção de gás ($\frac{^{\circ}\text{CNTP, seco}}{\text{m}^3 \text{ esgoto}}$)	39
Fator de produção de gás ($\frac{^{\circ}\text{CNTP, seco}}{\text{kg DQO ad.}}$)	118

TABELA 4 — Composição do gás obtido da digestão do esgoto — 1.ª fase.

CH ₄	75%
CO ₂	5%
N ₂	19%
O ₂	1%

residência hidráulico e com elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica. Foi medida a capacidade do sistema na remoção de coliformes. Obteve-se 74% de remoção de coliformes totais e 70% de remoção de coliformes fecais, o que significa um efluente com concentrações ainda muito elevadas de coliformes. Não houve remoção apreciável de nutrientes e detergentes.

Tendo sido avaliados os principais aspectos da tratabilidade de esgoto em reator UASB, passou-se a variar a vazão de alimentação para se determinar o menor tempo de detenção possível de se atingir neste reator, inicialmente projetado para operar com segurança com tempo de residência hidráulico de 4 horas. Conseguiu-se atingir o mínimo de 1,6 hora de tempo de residência hidráulico sem que fosse observada variação na qualidade do efluente que vinha sendo obtido (Vieira et alii, 1987 A).

O tratamento de esgoto efetuado pelo reator de 106 l mostrou-se bastante eficiente. Para esgoto decantado obteve-se 72% de remoção de DBO, com quatro horas de tempo de detenção, fornecendo um efluente com 38 mg/l de DBO no efluente total.

Embora tenham-se obtido excelentes resultados, ainda era necessário comprovar a eficiência do processo para esgoto bruto e a temperatura ambiente. Essas condições implicam considerável simplificação do sistema de tratamento, pois permitem dispensar o decantador primário e o aquecimento.

2.ª fase de desenvolvimento

Para se efetuar essa fase foi utilizado o mesmo reator (106 l) da etapa anterior, eliminando-se somente o aquecimento e passando-se a operar com esgoto bruto. A vazão de alimentação foi fixada para um tempo de detenção hidráulico de 4 horas.

A eficiência de remoção obtida nos períodos de inverno e verão foi praticamente a mesma. A média da temperatura ambiente foi de 17°C no inverno e de 22°C no verão, enquanto que a tem-

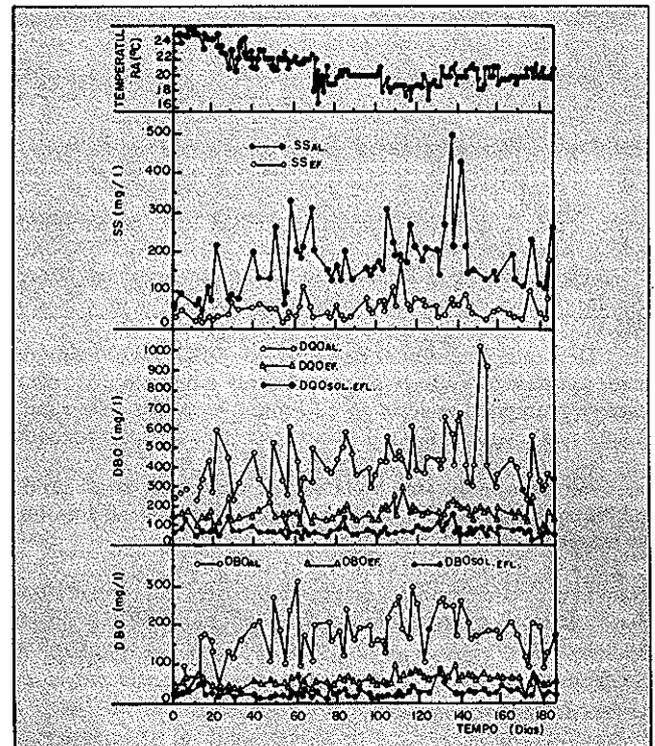


FIGURA 5 — Características físico-químicas da alimentação e do efluente do tratamento de esgoto bruto a temperatura ambiente em reator UASB de 106 litros de capacidade, no período de 29/4/85 a 30/9/85 (inverno) — 2.ª fase.

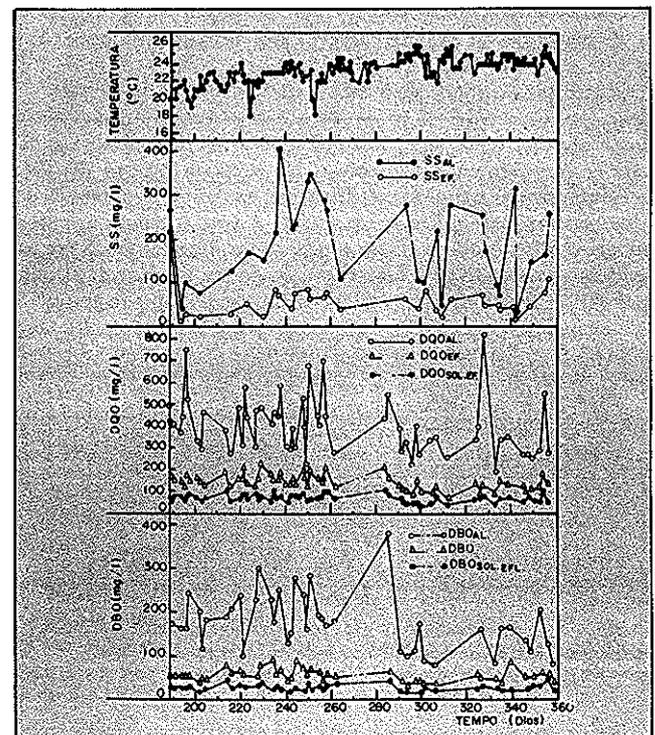


FIGURA 6 — Características físico-químicas da alimentação e do efluente do tratamento de esgoto bruto a temperatura ambiente em reator UASB de 106 litros de capacidade, no período de 1/10/85 a 24/3/86 (verão) — 2.ª fase.

TABELA 5 — Resultados médios obtidos para o tratamento de esgoto bruto à temperatura ambiente durante o inverno (29/4/85 a 30/9/85) e o verão (1/10/85 a 24/3/86) — 2.ª fase.

	Inverno $\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 20^{\circ}\text{C}$			Verão $\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 23^{\circ}\text{C}$		
	Alim. mg/l	Efl. mg/l	Rem. %	Alim. mg/l	Efl. mg/l	Rem. %
DBO	195	60	69	180	55	69
DBO _{sol}	—	30	85	—	28	81
DQO	424	169	60	406	142	65
DQO _{sol}	—	76	82	—	70	83
SS	188	58	69	191	60	69

peratura média no interior do reator foi de 20°C no inverno e 23°C no verão.

As Figuras 5 e 6 e as Tabelas 5, 6 e 7 indicam as médias dos resultados obtidos nesses dois períodos de ensaio. (Vieira e Souza, 1986.)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) do efluente do reator praticamente não se alterou durante o período de verão e inverno, mantendo-se entre 55 e 60 mg/l. Também a Demanda Química de Oxigênio (DQO) manteve-se constante durante todo o período, registrando valores entre 142 e 169 mg/l. Quanto aos gases, verificou-se durante o período de verão uma produção de 119 Nℓ por kg de DQO adicionado e durante o inverno a produção média foi de 100 Nℓ/kg DQO ad.

Em vista dos excelentes resultados obtidos na utilização desse reator para o tratamento dos esgotos domésticos foi efetuada ampliação de escala e construído um reator em escala de demonstração para o tratamento de esgoto doméstico bruto à temperatura ambiente.

3.ª fase de desenvolvimento

O sistema de tratamento por digestor anaeróbico de fluxo ascendente está instalado na CETESB, São Paulo, e recebe os esgotos coletados pela estação de tratamento de esgoto da região. O reator de 120 m³ de volume útil construído em aço carbono e revestido internamente com epóxi consiste de um tanque circular de diâmetro de 5,2 m na base e 7,9 m no topo (Foto 1).

O reator possui na parte superior um decantador-tronco cônico que separa os sólidos do líquido e um defletor de gases que conduz o biogás produzido para a cúpula central do digestor. A altura útil total é de 4,8 m, sendo 1,6 m correspondente à altura do decantador. O esgoto passa por gradeamento e caixa de areia, para em seguida entrar no reator. No topo do digestor há uma caixa que recebe o esgoto e o distribui, enviando-o através de 12 tubos distintos até o fundo do reator. Assim, o esgoto é uniformemente distribuído na base e percorre o digestor em fluxo ascendente, passando pelo lodo formado no seu interior. O efluente tratado é recolhido em canaletas dispostas no topo do reator.

TABELA 6 — Resultados médios da produção de gás relativa ao tratamento de esgoto bruto, à temperatura ambiente, durante os períodos de inverno e verão — 2.ª fase.

Produção de gás	$\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 20^{\circ}\text{C}$	$\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 23^{\circ}\text{C}$
Nℓ/dia	24	26
Nℓ/m ³ esgoto	40	43
Nℓ/kg cod. adic.	100	119

TABELA 7 — Composição do gás, relativo ao tratamento de esgoto, à temperatura ambiente durante o período de inverno — 2.ª fase.

	$\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 20^{\circ}\text{C}$	$\bar{\theta}_{\text{Reator}} = 23^{\circ}\text{C}$
CH ₄	73	71
CO ₂	5	6
N ₂	22	23

O lodo é retirado periodicamente do fundo do reator através de tubulação que vai até o seu centro. Ao longo do reator, distribuídos verticalmente existem seis pontos de amostragem de lodo. Os gases produzidos são conduzidos para a cúpula central e se dirigem através de tubulação ao queimador, passando antes por um medidor de vazão de gás.

O reator está projetado para uma vazão nominal de 30 m³/h, tendo-se fixado o tempo de detenção médio em 4 horas. A velocidade de decantação é de 0,7 m/h. Considerando-se uma contribuição de esgoto de 200 ℓ/hab./dia, este reator tem capacidade para atendimento de uma população equivalente de 3.600 habitantes.

Uma avaliação dos custos de implantação deste sistema, compreendendo a mão-de-obra e o material de construção do digestor e da caixa de areia, fornece o seguinte valor:

US\$ 300/m² de reator

US\$ 10/habitante (para contribuição per capita de 200 ℓ/hab./dia)

Observe-se que a área necessária é extremamente reduzida comparativamente aos processos convencionais.

Em abril de 1986 foi dada a partida da unidade, inoculando-se o digestor com lodo granulado proveniente dos reatores de fluxo ascendente de 106 ℓ (operando com esgoto doméstico) e de 200 ℓ (operando com vinhaça). Nos primeiros dois meses de operação a remoção de DQO atingiu 65% (Souza et alii, 1987). No entanto, vários problemas ocorreram no decorrer deste período: os mais importantes foram os relacionados com entupimento das tubulações de entrada de esgoto e de saída de efluente, obrigando à

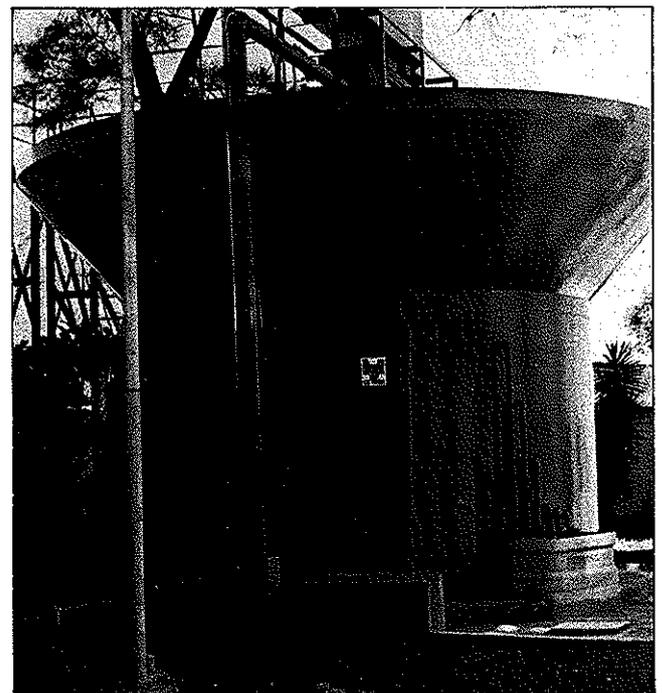


FOTO 1 — Reator anaeróbico de fluxo ascendente de 120 m³ para o tratamento de esgotos domésticos.

TABELA 8 — Variação das médias semanais dos principais parâmetros operacionais do digestor de fluxo ascendente com 120 m³ de volume, tratando esgoto doméstico - 3.ª fase.

Tempo de ensaio (semanas)	Vazão de esgoto (m ³ /h)	Tempo de retenção hidráulica (h)	DQO ^(*) esgoto bruto (mg/ℓ)	DQO ^(*) efluente (mg/ℓ)	Remoção de DQO (%)	Produção de gás (m ³ /dia)	Fator de conversão ℓ Gás/kg DQO ad.
1	3,3	36	487	712	—	18,0	467
2	2,6	46	348	340	2,3	8,3	382
3	7,4	16	317	203	36,0	3,1	55
4	5,1	24	282	151	46,5	3,3	96
5	5,8	21	324	150	53,7	5,4	120
6	4,4	27	290	162	44,1	7,5	245
7	7,0	17	311	135	56,6	6,3	121
8	6,4	19	138	96	30,4	4,3	203
9	8,4	14	183	74	59,6	6,1	165
10	8,5	14	252	87	65,5	8,2	160

* Refere-se à DQO do efluente in natura, sem decantação nem filtração.

submissão do digestor, por vezes, a aumentos de vazão que favorecessem o desentupimento e por vezes a reduções e até paradas totais, prejudicando o funcionamento do processo e a formação de um lodo adequado.

Tornou-se então necessário reiniciar-se o processo, procedendo-se à reinoculação do digestor e iniciando-se novamente seu funcionamento depois de solucionados os problemas de operação e manutenção. Isto ocorreu em dezembro de 1986 e os excelentes resultados verificados até agora (junho 87) comprovam a viabilidade do processo em escala real.

Os resultados das dez primeiras semanas de operação efetiva do digestor são apresentados na Tabela 8. A produção de gás apresentou-se excessivamente elevada nas primeiras semanas, devido ao gás oriundo do lodo primário utilizado como inóculo. A remoção de DQO atingiu 65%, que era o valor esperado, apresentando um efluente com cerca de 85 mg/ℓ de DQO e ótimas características visuais, bastante transparente, claro e praticamente isento de sólidos em suspensão. Nesta etapa o tempo de detenção era de 14 horas.

Atualmente, ou seja, seis meses depois de dada a partida, o digestor apresenta as seguintes condições, computando-se os dados dos últimos 15 dias de operação:

Tempo de detenção hidráulico: 7,9 horas

DQO_{alim} = 283 mg/ℓ

DQO_{efl} = 100 mg/ℓ

% Remoção DQO = 65%

DBO_{alim} = 161 mg/ℓ

DBO_{efl} = 43 mg/ℓ

% Remoção DBO = 73%

Fator de produção de gás = 0,10 Nm³/kg DQO adic.

= 0,16 Nm³/kg DQO remov.

Composição do gás = 68% CH₄; 15% CO₂; 17% N₂.

Assim, já se observa a viabilidade do sistema em escala real. É necessário ainda verificar-se o mínimo tempo de detenção deste reator que mantenha essas eficiências de remoção de matéria orgânica. Esses resultados mostram a capacidade deste sistema compacto na remoção de matéria orgânica e produção de biogás. Diante da situação brasileira, em que os esgotos não são tratados na quase totalidade, esta é uma solução bastante viável na medida em que o sistema é simples, não exige equipamentos eletromecânicos e ainda recupera energia.

Evidentemente, em algumas situações torna-se necessário melhorar a qualidade do efluente, sobretudo no que concerne aos organismos patogênicos nele presentes. Por esta razão estão sendo estudados processos de pós-tratamento do efluente do digestor anaeróbio de fluxo ascendente, tais como cloração e ozonização (Gasi et alii, 1987). Outros processos deverão também ser testados.

O sistema pode ser utilizado tanto por pequenas quanto grandes comunidades, tendo sido desenvolvido principalmente para ser empregado em estações de tratamento de centros urbanos (Vieira et alii, 1987, Souza e Vieira, 1986). Pode também ser utilizado em conjuntos habitacionais, núcleos rurais, lembrando também que a modulação favorece o seu emprego.

REFERÊNCIAS

- 1 — GASI, T.M.T., GUNTHER, M.A.; GRIECO, V.M.; KAWAI, H.; LIMA, F.º, R.A.; MEICHES, L.A.M.; MORAES, V.A.; SOUZA, M.E., VIEIRA, S.M.M.; BATALHA, B.H.L. Opções para Tratamento de Esgotos de Pequenas Comunidades. Relatório Interno. São Paulo. CETESB. 1986.
- 2 — GASI, T.M.T., VIEIRA, S.M.M. e PACHECO, C.E.M. Resultados Preliminares de Cloração de Efluente de Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente Tratando Esgotos Domésticos. Trabalho aceito para apresentação no 14.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, a ser realizado em São Paulo de 20 a 25 de setembro de 1987.
- 3 — LETTINGA, G.; VAN BELSEN, A.F.M.; HOBMA, S.W.; ZEEUW, W. Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment, Especially for Anaerobic Treatment. *Biotechnology and Bioengineering* 22(4): 699-734. Apr. 1980.
- 4 — LETTINGA, G.; ROERSMA, R.; GRIN, P. Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambient Temperatures Using a Granular Bed Reactor. *Biotechnology and Bioengineering* 25: 1701-23. 1983.
- 5 — NUCCI, N.L.R., GIACAGLIA, G.E.O., NOBRE, P.A., SOUZA, M.E.; VIEIRA, S.M.M., CRAVEIRO, A.M., GOMES, I.C. Anaerobic treatment — research, development and perspectives in the State of São Paulo, Brazil. *Proceedings Seminar/Workshop: Anaerobic Treatment of Sewage*, June 1985, Massachusetts, Amherst, USA, 43 p. 1985.
- 6 — SOUZA, M.E. e VIEIRA, S.M.M. Uso do Reator UASB para Tratamento de Esgoto Sanitário. *Revista do DAE* 46 (145) 165-68. 1986.
- 7 — SOUZA, M.E.; VIEIRA, S.M.M., CATABI, C.H. e BORBA, W. Demonstração em Escala Real da Tecnologia de Tratamento de Esgotos Domésticos por Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente. Primeiros Resultados. Trabalho aceito para apresentação no 14.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, a ser realizado em São Paulo de 20 a 25 de setembro de 1987.
- 8 — Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15th Ed. Amer. Public Health Assoc., Amer. Water Works Assoc., Water Poll. Control Fed., Washington, D.C. 1980.
- 9 — VIEIRA, S.M.M. Tratamento de Esgotos por Digestores Anaeróbios de Fluxo Ascendente. *Revista DAE* 44 (139): 322-28, de 1984.
- 10 — VIEIRA, S.M.M. e SOUZA, M.E. Development of Technology for the use of the UASB Reactor in Domestic Sewage Treatment. *Wat. Sci. Tech.* L8 (12): 109-21, 1986.
- 11 — VIEIRA, S.M.M., PACHECO, C.E.M. e SOUZA, M.E. Efeito da Variação de Vazão em Digestor Anaeróbio de Fluxo Ascendente Tratando Esgoto Doméstico. Trabalho aceito para apresentação no 14.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, a ser realizado em São Paulo de 20 a 25 de setembro de 1987.