

EXPERIÊNCIA E PERSPECTIVAS DO TRATAMENTO ANAERÓBIO DE ESGOTOS SANITÁRIOS NO BRASIL

SONIA M. M. VIEIRA

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345. CEP 05489-900, São Paulo, SP., Brasil

INTRODUÇÃO

Países com grandes problemas de saneamento e poucos recursos, necessitam tecnologias apropriadas para o tratamento de esgotos domésticos. De fato várias tecnologias tem sido desenvolvidas ou adaptadas com esta finalidade e muitos esforços tem sido dirigidos ao tratamento anaeróbio de esgotos sanitários.

O tratamento anaeróbio é um processo fermentativo no qual, em ausência de oxigênio, bactérias degradam a matéria orgânica transformando-a em gás carbônico e gás metano, com baixa produção de material celular.

Vários tanques anaeróbios foram desenvolvidos e são utilizados há muitos anos para o tratamento de esgotos domésticos. Os primeiros datam de 1881 (Mc Carty, 1985). São amplamente conhecidos os tanques sépticos, os filtros anaeróbios, os tanques Imhoff e os digestores de lodo convencionais.

Mais recentemente, a partir da década de setenta houve um grande avanço na utilização de reatores anaeróbios com aplicação de altas taxas. Esses desenvolvimentos tinham a finalidade de tratar efluentes industriais de elevada carga orgânica. Esses reatores acumulam biomassa em seu interior possibilitando o emprego de altos tempos de retenção celular e baixos tempos de retenção hidráulica e portanto uma diminuição considerável no volume dos tanques. Dentre esses reatores podemos citar o reator anaeróbio de contato, o próprio filtro anaeróbio com aplicação de altas taxas, o reator UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo), os reatores de leito expandido e leito fluidizado, os reatores híbridos, etc. Sua aplicação tem sido bastante difundida sobretudo para o tratamento de efluentes de alta e média carga orgânica da indústria alimentícia e de bebidas. No Brasil, segundo levantamento efetuado em 1990 (Craveiro, 1991), já existem 102 reatores anaeróbios, a maioria do tipo UASB, tratando efluentes industriais.

A utilização desses reatores anaeróbios para o tratamento de esgotos domésticos vem sendo testada e utilizada por diversos autores.

O processo anaeróbio de contato foi experimentado por Coulter et al., (1957), Fall and Krauss (1961), Simpson (1971), Pretorius (1971).

Genung et al., (1980), utilizaram um filtro anaeróbio sem decantador e mostraram ser possível o tratamento de esgoto doméstico com remoções de DBO de 80% a tempos de detenção bastante baixos de 5 e 6,4 horas.

Um outro reator anaeróbio de filme fixo e leito expandido foi proposto por Jewell, (1981) para o tratamento de esgoto doméstico decantado à reduzidos tempos de detenção de 1h.

O reator UASB que acumula lodo através de um decantador interno localizado no topo do reator foi proposto para o tratamento de efluentes industriais (Lettinga, 1980) e experimentado para o tratamento de esgoto doméstico (Lettinga, 1983).

Mais recentemente, tem sido relatadas aplicações de reatores UASB tratando esgotos domésticos em escala real (Vieira, 1988), (Schellinkhout et al., 1992), (Draaijer et al., 1992), (van Haande¹ et al., 1993)

No Brasil, o estudo e desenvolvimento desses novos reatores iniciou-se por volta de 1980. Diversas Instituições de Pesquisa, Companhias de Saneamento e Universidades tem contribuído com o desenvolvimento e divulgação desta tecnologia. Sua aplicação vem evoluindo com o tempo. Os tanques sépticos seguidos de filtro anaeróbio são amplamente utilizados. Sua aplicação é limitada ao tratamento de pequenas quantidades de esgoto devido ao volume de tanque necessário. Esses novos reatores possibilitam o tratamento de esgotos com tempos de retenção hidráulica reduzidos (4 a 8 horas) viabilizando a aplicação dos processos anaeróbios para o tratamento de grandes quantidades de esgoto.

SISTEMAS DE TRATAMENTO CONVENCIONAIS NO BRASIL

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico-PNSB-89 (1992) apresenta um levantamento do número de municípios com coleta e tratamento de esgotos no Brasil. Dos 4.425 municípios, 2.091 possuíam coleta de esgoto e destes apenas 345 com algum tipo de tratamento. (Tabela 1)

Depois das lagoas de estabilização, que são em número de 205, os sistemas mais utilizados são os convencionais de lodos ativados ou filtro biológico, com 51 estações.

Tabela 1. Municípios com tratamento de esgoto, por tipo, segundo as grandes regiões do Brasil

Grandes Regiões	Municípios		Municípios com Tratamento de esgoto							
	Total	c/coleta de esgoto	Total	Tipo de tratamento						
				ETE	Un. trata/o preliminar	Un. trata/o primário	Lagoa de Estabiliz.	Lagoa Aerada	Valo de Oxidação	Outros
Brasil	4425	2091	345	51	17	25	205	16	18	76
Região Norte	298	25	7	2	1	1	3	3	1	2
Região Nordeste	1461	381	53	5	3	5	44	5	6	6
Região Sudeste	1430	1301	214	25	10	11	129	4	8	49
Região Sul	857	335	57	16	3	7	18	1	2	18
Região Centro-Oeste	379	49	14	3	-	1	11	3	1	1

*Lodos Ativados ou Filtro Biológico

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB-89
IBGE, Rio de Janeiro, 1992

REATORES ANAERÓBIOS TRATANDO ESGOTOS DOMÉSTICOS NO BRASIL

Os sistemas anaeróbios de tempos de retenção reduzidos vem sendo pouco a pouco introduzidos no Brasil, para o tratamento de esgotos domésticos.

Esses processos tem como principais vantagens a baixa produção de lodo e a não necessidade de energia e como principais desvantagens o residual de matéria orgânica no efluente e a geração de odor. Os sistemas devem ser complementados com pós tratamento adequados e o odor deve ser controlado através da utilização de tanques fechados.

A Tabela 2 apresenta uma relação dos reatores anaeróbios instalados no Brasil até julho de 1994.

Tabela 2. Reatores Anaeróbios instalados tratando esgotos domésticos no Brasil

Local	Início Operação	Tipo Reator	Volume Reator (m ³)	Pop. atendida de projeto (hab)	TRH de projeto (h)	Realizadores
São Paulo - SP. CETESB	1986	UASB	120	3600	4	CETESB/PEM-CODISTIL
Volta Redonda - RJ.	1986	UASB	100	1300	12	SAAE-Volta Redonda/Savelli - SANEPAR
São Leopoldo - RS. Unisinos	1988	UASB	182	20000	25	Univ. Vale dos Sinos/ENERGEN
Resende - RJ. Academia Militar Agulhas Negras	1988	UASB	250	1500	14	AMAN Projetoista - ETEP
Campina Grande-PB. Pedregal	1991	UASB	160	5000	3	Univ. Fed. da Paraíba
Sumaré - SP. Jd. Santa Maria	1992	UASB	67,5	1400	7	DAE - Sumaré / CETESB
São Paulo - SP. Ipiranga	1992	UASB	684	10000	8	SABESP
Cesário Lange - SP.	1992	UASB	208			SABESP.
Boituva - SP.	1992	UASB	191			SABESP
Piracicaba - SP. Dois Córregos	1992	UASB	50	1000	6,5	SEMAE - Piracicaba / CODISTIL
Porto Alegre - RS. Vila Esmeralda	1992	UASB	84,5 x 2 mód.	2500	8	DMAE - Porto Alegre
Cachoeirinha - RS. Parque da Matiz	1992	UASB	130 x 2 mód.	10120	3	CORSAN
Ribeirão Pires - SP.	1994	UASB	400 x 4 mód.	40000	6	SABESP
Uberlândia - MG.		UASB				DMAE - Uberlândia
PARANÁ (1)		UASB				SANEPAR

(1) Um grande número de reatores anaeróbios para tratamento de esgotos domésticos está sendo instalada no Paraná. Lá os reatores anaeróbios são utilizados desde 1980. A concepção desses reatores, desenvolvidos na SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná, foi mudando ao longo do tempo. Os da primeira geração foram construídos para substituir as fossas sépticas e tanques Imhoff em núcleos habitacionais. São em número de 105 no total, sendo 88 só em Curitiba, com volumes que variam de 30 a 100 m³.

Os novos reatores são hoje projetados e construídos com volumes que variam de 100 a 2000 m³ e tempos de retenção hidráulica de 8 horas, para atendimento de cidades médias e grandes. O maior sistema instalado é de 16.000 m³ para atendimento de 115.000 hab. Esta é uma das soluções que a SANEPAR tem adotado para atendimento do primeiro grande plano de saneamento que abrange todo o Estado do Paraná. Pretende-se tratar 100% do esgoto coletado até o final de 1994. Muitas das cidades possuíam em seu plano diretor, projetos de sistemas de tratamento aerados que não eram implantados devido aos altos custos.

A primeira meta já está quase totalmente atingida. Atualmente existem 186 unidades em operação (Tabela 3) que compreendem um volume total de 75.000 m³, tratando os esgotos de 1.000.000 de habitantes aproximadamente. Nos próximos dois anos deverão ser atendidos mais 1.500.000 habitantes com a execução de outras 50 unidades. Os baixos custos de instalação, manutenção e operação das unidades, aliados à sua adequada eficiência de tratamento viabilizaram a implantação desses sistemas. Os custos de implantação desses reatores estão entre 10 e 15 dólares americanos por habitante, dependendo das condições onde for implantado.

Tabela 3. Reatores Anaeróbios no Estado do Paraná

Cidades (hab.)	Projeto	Obra	Operação	Total
Até 5000	22	8	10	40
5000 a 10000	20	10	14	44
10000 a 20000	18	18	12	48
20000 a 50000	12	16	20	48
50000 a 100000	2	4	4	10
Acima de 100000	14	9	21	44
Núcleos habitacionais	30	20	105	155
Total	118	85	186	389

Para efetuar o polimento do efluente está sendo adotado um pós tratamento. Iniciaram utilizando lagoas de polimento com tempo de retenção hidráulica de dois dias, mas já estão sendo utilizados outros processos, tais como filtros biológicos convencionais, filtros biológicos aerados, etc. Essa alteração ocorreu devido ao fato de que as lagoas necessitam de grandes áreas para sua implantação e também maiores extensões de coletores.

Com relação ao monitoramento, somente os sistemas de maior porte possuem um acompanhamento diário com amostragens compostas, enquanto que os de menor porte tem controle operacional diário (pH, temperatura, vazão e sólidos sedimentáveis).

Todos os reatores implantados em núcleos habitacionais atendem a vazão nominal de projeto, enquanto que em sistemas que atendem as cidades, somente alguns já atingiram a sua capacidade nominal. (Jurgensen, 1994).

Verifica-se a total predominância dos reatores do tipo UASB. Esta tecnologia tem-se mostrado bastante apropriada às nossas condições devido à sua simplicidade de construção e operação e da não necessidade de material de enchimento e de equipamentos eletro-mecânicos.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DOS REATORES ANAERÓBIOS INSTALADOS

Tabela 4. Dados de operação e eficiência dos sistemas instalados

Local	TRH (h)	DBO (mg/l)	DQO a.l. (mg/l)	DBO e.f. (mg/l)	DQO e.f. (mg/l)	% Rem. DBO	% Rem. DQO	Referência Bibliográfica
Piracicaba - SP. Dois Córregos	50	654	1161	157	370	76	68	(1)
Sumaré - SP. Jd. Sta. Maria	45	535	902	109	232	80	74	Carvalho et al. 1994
Campina Grande - PB. Pedregal	3 7,2	508 518	837 863	208 85	319 285	59 84	62 67	van Haandel et al. 1993
São Leopoldo - RS. Unisinos	23	227	434	77	104	66	76	(1)
São Paulo - SP. Ipiranga	9,5	210	425	46	150	78	65	(1)
São Paulo - SP. CETESB	6,2	157	250	47	103	70	60	Vieira et al., 1992
Resende - RJ. Academia Militar Agulhas Negras		115	376	63	322	45	14	(1)

(1) Informações fornecidas pelos responsáveis pela operação dos sistemas

Dos sistemas instalados mostrados na Tabela 4, dois deles tem características bastante semelhantes: o de Sumaré (Vieira et al., 1994) e o de Piracicaba; tratam esgotos de comunidades pequenas, onde o consumo de água e a geração de esgoto são menores do que os padrões habituais, ocasionando volume menor e concentração maior de esgoto do que as consideradas em projeto. Os sistemas estão operando com tempo de retenção bastante acima dos de projeto. Com dois anos de operação não houve ainda necessidade de retirada de lodo. As eficiências de DBO são de 80 e 76% respectivamente.

O sistema instalado em Campina Grande, que também é alimentado com esgoto concentrado, quando operado com tempo de retenção acima de 6 horas apresenta remoção de DBO acima de 80%. (van Haandel et al., 1993).

Sistemas tratando esgotos domésticos mais diluídos com DBO entre 115 e 227 mg DBO/L, como é o caso dos reatores de São Paulo (na CETESB e no Ipiranga), de Resende e de S. Leopoldo, apresentam remoção de DBO entre 45 e 78% e efluente entre 46 e 77 mg DBO/L.

Os sistemas instalados em Campina Grande e Resende possuem lagoa como pós-tratamento e o efluente do reator do Porto Alegre passa por cascata.

REATORES A SEREM INSTALADOS

Existem vários sistemas já projetados aguardando financiamento ou em fase de implantação. São cerca de 50 só no Estado do Paraná (Jurgensen, 1994). A Tabela 5 apresenta uma relação de alguns

reatores previstos para implantação no Brasil. Verifica-se que a preferência pelos reatores do tipo UASB deve continuar nos próximos anos a menos do surgimento de alguma novidade nesta área.

Tabela 5. Reatores em fase de projeto ou implantação

Local	Tipo Reator	Volume Reator m ³	Pop. atendida (de projeto) (hab)	T _{HH} de projeto (h)	Pós-tratam.	Realizadores
Itanhaém - SP.	UASB	441 x 16 mód.	77500 (1ª etapa)	12	Cloração	SABESP
Cipó - SP.	UASB	2262	18.500	12	Lagoa e baía de infiltração	SABESP
Santana de Parnaíba-SP.	UASB	772 x 2 mód.	8.917	6	Lagoa	SABESP
Rio Claro - SP. (ETE - 1)	UASB	3.900* x 5 mód.	52.000	12	Lagoa polim/o	Consórcio Piracicaba/ECTA
Rio Claro - SP. (ETE - 2)	UASB	3.900* x 7 mód.	78.700	12	Lagoa polim/o	Consórcio Piracicaba/ECTA
Cosmópolis - SP. Parque D. Esther	Reator Anaer. compart.	838 x 3 mód.	8.000	12		Consórcio Piracicaba
Jaguariúna - SP.	UASB	3.165 x 3 mód.	40000 (1ª etapa) 71500 (final)	10	Lagoa Facult.	Consórcio Piracicaba/HIDROSAN
Pedreira - SP.	UASB	1.200 x 3 mód.	24700 (1995) 49100 (2015)	10	Lagoa polim/o	Consórcio Piracicaba MULTISERVICE
Santana do Parnaíba-SP. Loteamento Alphaville	UASB	2 x 31,5 x 14 mód.	15.120	6	Filtro subm. aer. e Rad.UV	
Guarulhos - SP.	UASB		19.000			SAAE - Guarulhos
Itabuna - BA.	UASB	581	12.000	10		EMASA-Itabuna/Fund. Christiano Ottoni COPASA
Belo Horizonte - MG N. Pampuiha	UASB	142 x 2 mód.	6600	6,5		
Belo Horizonte - MG Veneza	UASB	350 x 5 mód.	27080	13	Lagoa Facult./Lagoa polim/o	COPASA
Corinto - MG	UASB	1512 x 2 mód.	24675	18	Lagoa Facult./Lagoa polim/o	COPASA
Juramento - MG	UASB	229	3000	15	Lagoa Facult.	COPASA

*Cada módulo possui 4 unidades de 975m³

Vários projetos são efetuados com margem de segurança maior, com tempo de residência de cerca de 12 horas.

AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Tabela 6. Reatores Anaeróbios tratando esgoto doméstico no Brasil.

Estado	Nº de Reatores tipo UASB
PARANÁ	186 (1)
SÃO PAULO	7
RIO GRANDE DO SUL	3
RIO DE JANEIRO	2
PARAÍBA	1
MINAS GERAIS	1
TOTAL	200

(1) inclusos os 105 reatores de primeira geração, que substituíam fossas sépticas e tanques Imhoff.

Este número de reatores instalados e com possibilidade de instalação ainda é pequeno, face às necessidades de tratamento de esgotos no país. No entanto para aumentar a quantidade de esgoto tratada é preciso que haja mais investimento no setor. Diante desta problemática esta tecnologia apresenta-se bastante promissora pois possibilita o tratamento em etapas, removendo grande parte da matéria orgânica com baixa produção de lodo já estabilizado, podendo-se complementar o tratamento posteriormente.

CONCLUSÕES

Os reatores anaeróbios tipo UASB para o tratamento de esgotos sanitários vem sendo introduzidos no Brasil e já são amplamente utilizados no Estado do Paraná.

Os reatores anaeróbios tem ainda um grande potencial na ampliação do tratamento de esgotos no Brasil. O avanço do setor depende da retomada de investimentos com suas novas fontes de financiamento.

Os sistemas tratando esgotos domésticos "fracos" com DBO próximos a 200mg/l apresentam eficiência de remoção em torno de 70% em DBO. Esgotos domésticos "fortes" com DBO em torno de 500mg/l fornecem eficiência de remoção de cerca de 80% em DBO.

O sistema apresenta baixa produção de lodo já estabilizado.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos a todos aqueles que colaboraram neste levantamento de informações, sem os quais não teria sido possível a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, J.L. e Vieira, S.M.M. Biodigestor de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo do Jd. Sta. Maria - Sumaré. Resultados de Operação. *Relatório Interno CETESB*, 1993.
- COULTER, J.B.; SONEDA, S.; ETTINGER, M.B. Anaerobic Contact Process for Sewage Disposal. *Sewage and Industrial Wastes*, 29(4): 468-77 Apr, 1957.
- CRAVEIRO, A.M. Biodigestão de efluentes industriais no Brasil: avaliação do uso e difusão da tecnologia. *16º congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Goiânia, 22 a 27 de setembro, Brasil. 242-52, 1991.
- DRAAIJER, H.; MAAS, J.A.W.; Schaapman, J.E. Performance of the 5 MLD UASB reactor for sewage treatment at Kampur, India. *Wat. Sci. Techn.*, 25 (7) pp. 123-33, 1992.
- FALL, E.B. Jr.; KRAUS, L.S. The Anaerobic Contact Process in Practice. *Journal WPCF*, 33 (10): 1038-45. Oc. 1961.
- GENUNG, R.K.; PITT, W.W.; KOON, J.H. Energy Conservation and Scale-Up Studies for a Wastewater Treatment System Based on a Fixed-Film, Anaerobic Bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering Symp.* (10): 295-316, 1980.
- JEWELL, W.J.; SWITZENBAUM, M.S.; MORRIS, J.W. Municipal Wastewater Treatment with the Anaerobic Attached Microbial Film Expanded Bed Process. *Journal WPCF* 53 (4) 482-90, Apr. 1981.
- JURGENSEN, Décio. informações pessoais em julho e agosto de 1994.
- LETTINGA, G.; VAN VELSEN, A.F.M.; HOBMA, S. ZEEW, W. Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment. Especialy for Anaerobic Treatment. *Biotechnology and Bioengineering* 22 (4): 699-734. Apr. 1980.
- LETTINGA, G.; ROERSMA, R.; GRIN, P. Anaerobic Treatment of Raw Domestic Sewage at Ambiente Temperatures Using a Granular Bed UASB Reactor. *Biotechnology and Bioengineering* 25: 1701-23, 1983.
- MCCARTY, P.L. Historical Trends in the Treatment of Dilute Wastewaters. Proceedings of the Seminar/Workshop Anaerobic Treatment of Sewage. Michael S. Switzenbaum (ed). University of Massachussets at Amherst, pp. 3-16, 1985.
- Norma NBR-7229 da ABNT, Construção e Instalação de Fossas Sépticas e Disposição dos Efluentes Finais, março 1982.
- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro 1982.
- PRETORIUS, W.A. Anaerobic Digestion of Raw Sewage, *Water Research* 5: 681-87, 1971.
- RAMAN, V.; CHAKLADAR, N. Up-flow Filters for Septic Tank Effluents. *Journal WPCF*, 44 (8): 1552-60, Aug. 1972.
- SHELLINKHOUT, A. and COLLAZOS, C.J. Full scale application of the UASB technology for sewage treatment *Wat. Sci. Techn.*, 52 (7) 159-66, 1992.
- SIMPSON, D.E. Investigations on a Pilot-Plant Contacty Digester for the Treatment of a Dilute Urban Waste. *Water Research* 5: 523-32, 1971.
- van HANDELL, A.C.; Catunda, P.F.C.; OLIVEIRA, M.G. e de SOUZA, J.T. Influência do tempo de permanência sobre o desempenho de reatores anaeróbios de fluxo ascendente. *17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Natal, 19 a 23 de setembro, Brasil, pp. 497-512. 1993.
- VIEIRA, S.M.M. Anaerobic treatment of domestic sewage in Brazil - research results and full-scale experience. In: *Proceedings of Fifth Int. Symposium on Anaerobic Digestion*, E.R. Hall and P.N. Hobson (eds). Bologna, 185-196, 1988.
- VIEIRA, S.M.M. CARVALHO, J.L.; BARIJAN, F.P.O.; RECH, C.M. Application of the UASB technology for sewage treatment in a small community at Sumaré, São Paulo state. in: *Proceedings of Seventh International Symposium on Anaerobic Digestion*, Cape Town, 23-27 jan, 306-14, South Africa, 1994.
- VIEIRA, S.M.M.; GARCIA JR., A.D. Sewage treatment by UASB reactor. Operation results and recommendations for design and utilization. *Wat. Sci. Techn.* 25 (7) 143-57. 1992.