

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## ANÁLISE DE DESEMPENHO DO CARVÃO ATIVADO E ANÉIS DE POLIETILENO EM BIOFILTRO AERADO PARA O PÓS- TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

\* Patrícia Bilotta<sup>1</sup>  
Ana Beatriz Barbosa Vinci Lima<sup>2</sup>  
Luiz Antonio Daniel<sup>3</sup>

*PERFORMANCE ANALYSIS OF ACTIVATED CARBON AND  
POLYETHYLENE RINGS IN AERATED BIOFILTER FOR THE  
POST-TREATMENT OF WASTEWATER*

*Recibido el 16 de febrero de 2012; Aceptado el 15 de mayo de 2012*

### Abstract

The study intend to evaluate the performance of the granular activated carbon and polyethylene rings as a means to support the establishment of the biomass in an aerated biofilter to remove suspended and dissolved solids in domestic sewage and to promote nitrification reactions. In the tests was used effluent from UASB reactor on an WTP. Polyethylene rings were obtained by cutting corrugated conduit (diameter 2.0 cm, length 2.5 cm). The monitoring parameters were: COD, total nitrogen, nitrate, pH and alkalinity. The results showed an average increase of 27.6% in the efficiency of COD reduction in the biological filter containing polyethylene rings in relation to granular activated carbon. This behaviour may be associated with more efficient distribution of the active biomass on the polyethylene rings, due to the greater surface area available as a result of its spatial conformation. The results also showed that the biological treatment promoted on the surface of the polyethylene rings allowed to minimize the COD peak variation in the period of the system monitoring and promoted increase superior to 100% in the efficiency in the nitrification of the secondary treatment. As post-treatment the results demonstrated the effective potentiality of the polyethylene rings as medium support to meet the limit concentration of biodegradable organic matter prior to its release into watercourse, according to guidelines established by brazilian legislation. Furthermore, the polyethylene rings allow the reduction of costs in relation to activated carbon and substantial reduction of the mass by area occupied inside the biofilter.

**Key Words:** COT, nitrification, biological filter, biological treatment.

<sup>1</sup> Laboratório de Análises Físico-Químicas, Embrapa Suínos e Aves

<sup>2</sup> TCRE Engenharia Ltda

<sup>3</sup> Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo

\* *Autor correspondente:* Laboratório de Análises Físico-Químicas, Embrapa Suínos e Aves. Santa Catarina/Brasil.  
Email: [pb.bilotta@gmail.com](mailto:pb.bilotta@gmail.com)

## Resumo

Este estudo pretende comparar o desempenho do carvão ativado granular e anéis de polietileno como meio suporte para a fixação de biomassa em um biofiltro aerado para remover sólidos suspensos e dissolvidos em esgoto doméstico e para promover reações de nitrificação. Nos ensaios foi utilizado efluente de reator UASB instalado em uma ETE. Anéis de polietileno foram obtidos no corte de eletrodutos corrugados (diâmetro 2,0 cm, comprimento 2,5 cm). Os parâmetros monitorados foram: DQO, nitrogênio total, nitrato, pH e alcalinidade. Os resultados revelaram um incremento médio de 27,6% na eficiência de redução da DQO no filtro biológico contendo anéis de polietileno em relação ao carvão ativado granular. Esse comportamento pode estar associado à distribuição mais eficiente da biomassa sobre os anéis de polietileno, devido à maior área superficial disponível resultante de sua conformação espacial. Os resultados mostraram ainda que o tratamento biológico promovido na superfície dos anéis de polietileno possibilitou a minimização dos picos de variação da DQO no período de monitoramento do sistema e promoveu aumento superior a 100% na eficiência da nitrificação do efluente final. Como pós-tratamento, os resultados demonstraram a potencialidade efetiva dos anéis de polietileno como material suporte alternativo no tratamento secundário do esgoto para atingir o limite de concentração da matéria orgânica biodegradável previamente ao seu lançamento nos corpos d'água, conforme diretrizes da legislação brasileira. Além disso, os anéis de polietileno possibilitam a redução de custos, em relação ao carvão ativado, e redução substancial da massa por área ocupada no interior do biofiltro.

**Palavras chave:** DQO, nitrificação, filtro biológico, tratamento biológico.

---

## Introdução

A manutenção e garantia da qualidade da água dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos tem sido tema de grande interesse e crescente preocupação mundial. As fontes poluidoras, tais como esgoto sanitário, efluentes industriais, drenagem pluvial urbana e resíduos sólidos, são responsáveis pela alteração da qualidade da água que resultam no risco à saúde humana, no comprometimento da saúde ambiental e na restrição dos usos múltiplos previstos na legislação brasileira - Lei 9.433/97 (PNRH, 1997).

O esgoto sanitário, em particular, é responsável pelo aumento considerável da concentração de matéria orgânica no corpo d'água (DBO) e, conseqüentemente, a redução da concentração de oxigênio dissolvido disponível para a manutenção da vida dos seres aquáticos. Além disso, o esgoto doméstico sem tratamento adequado favorece a ocorrência de fenômenos como a eutrofização (excesso de nutrientes N e P) e a contaminação da água por substâncias químicas, fármacos, hormônios, material em suspensão, microrganismos diversos, etc.

A legislação brasileira, nas Resoluções CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005) e 430/2011 (CONAMA, 2011), estabelece limites máximos para os poluentes presentes em águas residuárias antes de seu descarte em corpos d'água. Portanto, as estações de tratamento de esgoto têm papel essencial no atendimento dessas determinações.

Quanto à redução da carga orgânica do esgoto doméstico (DBO), o tratamento biológico é o método mais utilizado no Brasil, com destaque para os reatores anaeróbios (UASB, RALF, RAFA),

as lagoas de estabilização (aeróbia, anaeróbia, mistura completa, australiana) e os filtros biológicos (alta taxa, baixa taxa, aeróbio, anaeróbio) (Tchobanoglous *et. al.*, 2004).

Filtros biológicos aeróbios associados a reatores anaeróbios têm sido uma alternativa bastante eficiente na remoção da DBO residual em estações de tratamento, garantindo concentrações aceitáveis de matéria orgânica biodegradável para o descarte do efluente final em corpos d'água. A eficiência desses sistemas se deve principalmente à capacidade de aderência da biomassa na superfície do meio filtrante (por exemplo: carvão ativado, pedra brita ou outro material inerte), o tempo de detenção hidráulica e a taxa de carga orgânica, dentre outros aspectos (PROSAB, 2001; PROSAB, 2006).

Nesse contexto, surgiu o interesse no estudo de um meio filtrante alternativo em substituição ao carvão ativado convencional, devido principalmente ao seu elevado custo, capaz de proporcionar uma área superficial favorável ao desenvolvimento da biomassa ativa responsável pelo consumo da matéria orgânica residual em suspensão e solúvel.

Pretendeu-se avaliar comparativamente o desempenho do tratamento secundário de esgoto sanitário em filtro biológico aerado submerso preenchido com carvão ativado granular e anéis de polietileno, para se verificar nos dois casos a degradação da matéria orgânica dissolvida e em suspensão, bem como a nitrificação do efluente secundário, visando à adequação do efluente final aos padrões de lançamento em corpos d'água estabelecidos pela legislação ambiental brasileira através das Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

### Metodologia

A fase experimental da pesquisa consistiu na simulação piloto do biofiltro aerado submerso alimentado com esgoto sanitário efluente de uma estação de tratamento de esgoto composta de unidade preliminar (gradeamento, remoção de areia e gordura) e primária (reator UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), cujo tempo de detenção hidráulica foi estimado em 12 horas. Os ensaios foram realizados em ambiente aeróbio (com fluxo contínuo ascendente do esgoto secundário proveniente do reator UASB) em instalação piloto projetada para a utilização simultânea dos dois meios suportes em biofiltros independentes, conforme ilustra a Figura 1 (Bilotta, 2006; Lima, 2006).

O efluente primário proveniente do reator UASB era transportado por gravidade para os reservatórios de armazenamento (1) e, então, era bombeado para as duas colunas (3) por meio de bombas dosadoras ajustadas para 2,4 L/h. Para manter as condições de aeração estabelecidas nesta pesquisa foi utilizado ar comprimido introduzido na extremidade inferior das colunas com pressão de 50 kPa (Figura 1).

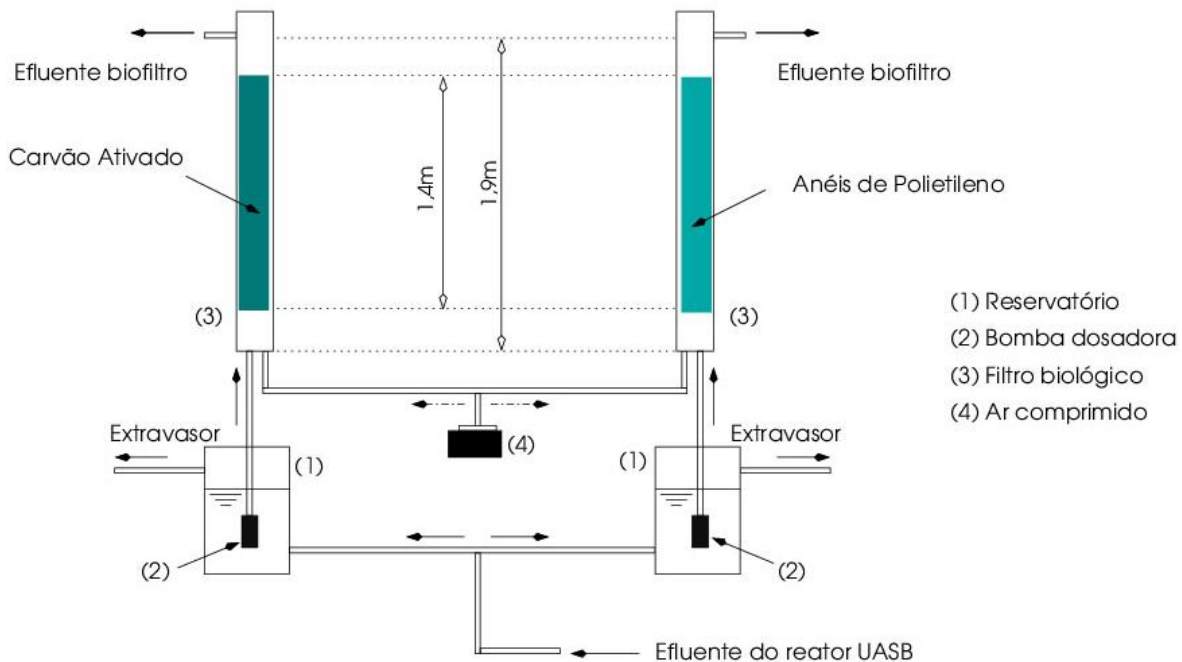


Figura 1. Descrição simplificada da instalação piloto.

Como meio suporte para o biofiltro foi utilizado carvão ativado granular (53,5% de índice de vazios) e anéis de polietileno (diâmetro interno 2,0 cm, comprimento 2,5 cm, índice de vazios 94 a 95%, superfície específica  $135,0 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ), denominados comercialmente *eletrodutos corrugados*, ambos resistentes à degradação biológica. O carvão ativado (Carbomafra Carb) possuía diâmetro médio de  $3,62 (\pm 0,38) \text{ mm}$  e massa específica  $1,795 \text{ g}/\text{cm}^3$ .

O comprimento dos anéis manteve a proporção 1:1 (em relação ao seu diâmetro) para assegurar aleatoriedade de posicionamento no interior da coluna, pois peças muito longas tendem a assumir posições semelhantes quando dispostas, restringindo o fluxo líquido.

Desse modo, buscou-se estimular a fixação e crescimento da biomassa ativa na superfície do material suporte analisado e, conseqüentemente, favorecer a degradação biológica da matéria orgânica residual do reator anaeróbio, bem como promover a nitrificação do efluente secundário.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) no biofiltro foi calculado em 4,6 horas, a partir da vazão de efluente anaeróbio na coluna e do volume total por ele ocupado (soma dos volumes do meio suporte e espaços vazios). A carga orgânica volumétrica foi estimada em  $0,62 \text{ kg DQO}/\text{m}^3.\text{d}$ , utilizando o volume total do reator (meio suporte e vazios). Considerando o volume de vazios, o TDH no filtro com carvão foi de 2,5 horas e com anéis de polietileno 4,3 horas.

O carvão ativado foi utilizado apenas como meio suporte, não sendo objeto de estudo avaliar sua capacidade adsorptiva, pois a superfície foi recoberta por filme biológico (biomassa). A carga volumétrica média de NTK aplicada ao reator foi de 0,23 kg NTK/m<sup>3</sup>.d, resultando na razão DQO/NTK de 2,7 o que caracteriza o processo como nitrificação em estágio separado (Metcalf & Eddy, 2003).

Os experimentos foram desenvolvidos por 63 dias consecutivos com início após atingida a fase de estabilização do sistema piloto. Durante este período amostras semanais foram coletadas previamente à entrada do biofiltro e na saída superior das colunas para as seguintes análises físico-químicas, de acordo com os métodos descritos em APHA *et al* (1998): DQO (5220 D), concentração de nitrogênio total Kjeldahl - NTK (4500-N C), nitrato (4500-NO<sub>3</sub>-B), pH (4500 B) e alcalinidade (2320 B).

### Resultados e Discussões

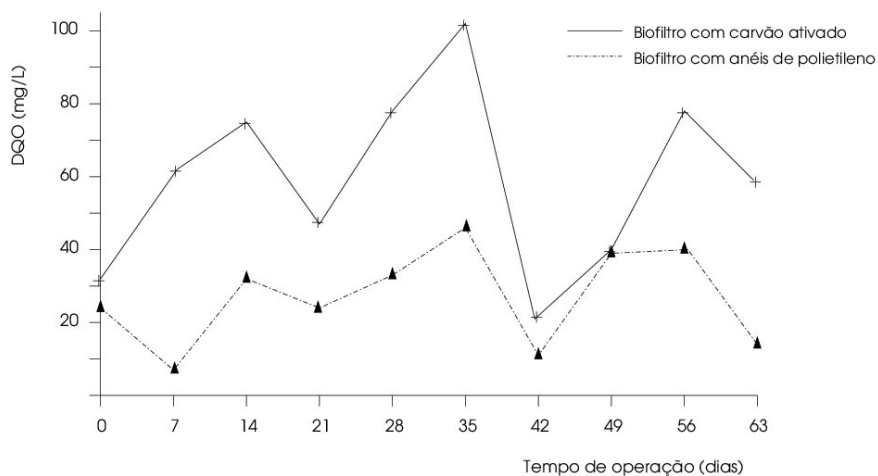
Na Tabela 1 estão indicados os resultados obtidos nas análises físico-químicas das amostras semanais de efluente secundário proveniente das colunas preenchidas com carvão ativado e anéis de polietileno.

**Tabela 1.** Variação da DQO, concentração de NTK e nitrato no tratamento biológico.

Tempo (dias)	Efluente Reator UASB			Biofiltro c/ Carvão Ativado <sup>[a]</sup>			Biofiltro c/ Anéis de Polietileno <sup>[a]</sup>		
	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	Nitrato (mg/L)	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	Nitrato (mg/L)	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	Nitrato (mg/L)
0	117	45,4	0,8	31	40,2	0,5	24	6,4	15,2
7	168	38,2	1,0	62	41,3	1,8	07	1,3	17,6
14	113	40,4	1,4	74	30,0	3,2	31	23,8	6,5
21	99	50,5	0,7	48	32,0	17,2	23	10,5	19,4
28	103	51,5	0,8	78	32,0	7,6	33	19,7	20,7
35	113	52,5	1,3	102	32,0	15,7	46	30,0	21,1
42	104	53,6	1,7	22	33,1	24,9	11	40,2	9,3
49	140	50,5	1,3	39	31,8	5,2	39	26,4	16,0
56	192	46,8	1,3	78	28,6	3,3	40	13,6	19,7
63	112	43,5	3,0	59	21,1	27,8	14	22,2	24,3

<sup>[a]</sup> Alimentação com efluente do reator UASB

Pode-se verificar o aumento de 27,6% na eficiência de redução da DQO no biofiltro contendo anéis de polietileno em relação ao carvão ativado. Esse comportamento pode estar associado ao maior tempo de detenção hidráulica (em relação ao volume de vazios) do biofiltro com anéis de polietileno (4,3 horas) em relação ao carvão ativado granular (2,5 horas). A Figura 2 mostra a variação da DQO ao longo do período de monitoramento do sistema.



**Figura 2.** Variação da DQO com o tempo de monitoramento do filtro biológico

Do mesmo modo, as concentrações de NTK após o filtro biológico com anéis de polietileno se mostraram inferiores aos valores alcançados na presença do carvão ativado, demonstrando o favorecimento das reações de nitrificação na presença dos anéis de polietileno. Nesse caso, uma vez que a taxa de aeração foi mantida constante nas duas colunas (Figura 1), não havendo deficiência de oxigênio dissolvido (concentração média de 1,7 mg O<sub>2</sub>/L na saída do reator), o aumento na remoção de NTK pode estar relacionado à otimização da transferência de oxigênio para a biomassa aderida aos anéis e ao maior tempo de detenção hidráulica efetivo.

As concentrações médias de NTK no tratamento biológico realizado com anéis de polietileno e carvão ativado foram 19,4 mg/L e 32,2 mg/L, respectivamente, enquanto no esgoto afluente à unidade piloto a concentração média foi de 44,2 mg NTK/L.

O acréscimo na eficiência de conversão de nitrogênio total em nitrato pode ser confirmado na análise comparativa entre as concentrações de nitrato no efluente secundário proveniente dos biofiltros com anéis de polietileno e com carvão ativado (Tabela 1), para os quais foram obtidas concentrações médias de 17,0 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L e 10,7 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L, respectivamente, confirmando a maior eficiência dos anéis de polietileno nas reações de nitrificação do efluente secundário. A concentração de nitrito foi desprezível, ficando próxima ao limite de quantificação do método.

No balanço de massa de nitrogênio total (NTK + nitrato) foram obtidas concentrações de 48,6 mg/L no efluente do reator UASB, 42,9 mg/L no efluente do biofiltro com carvão ativado e 36,4 mg/L no efluente do biofiltro com anéis de polietileno, confirmando a maior conversão de NTK a nitrato e a maior remoção de nitrogênio total no biofiltro com anéis de polietileno.

Por fim, o monitoramento da unidade experimental no período de 63 dias de operação do sistema piloto resultou nos valores médios de pH e alcalinidade apresentados na Tabela 2. A redução do pH e o elevado consumo da alcalinidade disponível no afluente corroboram a tendência à nitrificação adicional no filtro biológico preenchido com anéis de polietileno.

**Tabela 2.** Variação média dos parâmetros pH e alcalinidade.

	Afluente <sup>[a]</sup>	Biofiltro c/ Carvão Ativado <sup>[b]</sup>	Biofiltro c/ Anéis de Polietileno <sup>[b]</sup>
pH	6,5	6,4	4,5
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	374,0	178,5	98,0

<sup>[a]</sup> Saída do reator UASB. <sup>[b]</sup> Alimentação com efluente do filtro biológico

## Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir a eficiência superior dos anéis de polietileno como meio suporte para fixação e crescimento de biomassa ativa no tratamento secundário de esgoto sanitário promovido em filtro biológico aeróbio. O biofiltro preenchido com anéis de polietileno atingiu incremento médio adicional de 27,6% na eficiência de remoção da matéria orgânica em termos da DQO, comparativamente ao uso de carvão ativado granular, para as mesmas condições de operação. Desempenho semelhante foi verificado durante a nitrificação do efluente secundário no biofiltro preenchido com anéis de polietileno, com 19,4 mg/L de NTK e 17,0 mg/L de nitrato contra 32,2 mg/L e 10,7 mg/L no procedimento com carvão ativado, respectivamente.

No contexto do tratamento de esgoto sanitário, os resultados obtidos revelaram o potencial efetivo dos anéis de polietileno como material suporte alternativo no tratamento biológico do esgoto doméstico previamente ao seu descarte em corpos d'água. Além disso, sua utilização possibilita a redução de custos na aquisição do material, quando comparado ao carvão ativado, facilita a manutenção e controle da unidade de tratamento biológico, devido à conformação espacial e constituição dos anéis, e reduz substancialmente sua massa por área ocupada no interior do biofiltro.

## Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o auxílio pesquisa concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), recurso este relativo ao processo n.00/00640-5.

## Referências bibliográficas

- Aisse, M. M.; Lobato, M. B.; Bona, A.; Garbossa, L. H. P. (2000). Estudo comparativo do reator UASB e do reator anaeróbico compartimentado sequencial no tratamento de esgoto sanitário. *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre/Rio Grande do Sul.
- APHA, AWWA, WEF (1998). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. New York, 19. ed. 1268p.
- Bilotta, P.; Daniel A. (2007) Influência de parâmetros físico-químicos na inativação de indicadores patogênicos em esgoto sanitário: ozônio em estudo de caso. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Bilotta, P.; Lima, A. B. B. V.; Daniel L. A. (2007). Uso combinado de ozônio e biofiltro aerado no pós-tratamento de esgoto sanitário. XVI Simpósio nacional de bioprocessos, Associação Brasileira de Engenharia Química, Curitiba, Paraná.
- CONAMA, Resolução 357 (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília/Brasil. Disponível em: [www.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf](http://www.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf), acesso em: 16/02/2012.
- CONAMA, Resolução 430 (2011). Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Brasília/Brasil. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646), acesso em: 16/02/2012.
- Lima, A. B. B. V. (2006). Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbico em sistema sequencial constituído de ozonização em processo biológico aeróbio. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, São Paulo.
- Gadotti, R. F. (2003). Pós-tratamento de efluente de um reator anaeróbico compartimentado por oxidação com ozônio precedendo biofiltro aerado submerso: Estudo da viabilidade técnica e econômica para reuso de água residuária. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, São Paulo.
- METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. – 4ª ed./revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw-Hill, 2003.
- Tchobanoglous, G.; Burton, F. L.; Stensel, H. D. (2004). *Wastewater engineering, treatment and reuse*. ed. 4, Ed. Metcalf & Eddy, McGraw Hill, New York.
- PNRH, Política Nacional de Recursos Hídricos (1997). Institui a PNRH, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1. Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Presidência da República. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm), acesso em: 16/02/2012.
- PROSAB, Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (2001). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coordenador: Prof. Carlos Augusto Lemos Chernicharo, Universidade Federal de Minas Gerais.
- PROSAB, Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (2006). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Coordenadores: Lourdinha Florencio, Rafael Kopschitz Xavier Bastos, Miguel Mansur Aisse. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.