



Avaliação da Eficiência Inicial de *Wetlands* Construídos no Pós-Tratamento de Reator UASB

V. Cano^a, B. G. L. A. Gomes^b, M. A. Nolasco^c

a. Bachelor's Degree in Environmental Management at School of Arts, Science and Humanities - University of São Paulo, São Paulo, vitorc@usp.br

b. Under graduate student in Environmental Management at School of Arts, Science and Humanities - University of São Paulo, São Paulo, bianca.graziella.gomes@usp.br

c. Assistant Professor at School of Arts, Science and Humanities- University of São Paulo, São Paulo, mnolasco@usp.br

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo implantar e monitorar 03 unidades de sistemas de tratamento de esgotos por *wetlands* construídos, no pós-tratamento de um Reator UASB. A implantação das unidades ocorreu na Estação de Tratamento de Esgotos da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH/USP, São Paulo, no período de setembro a outubro de 2010. Para o monitoramento do sistema e acompanhamento de seu desempenho foram realizadas análises de oxigênio dissolvido (OD), turbidez (qualitativa por visualização), NH_4 e PO_4 . Foram implantadas duas unidades *wetlands* de fluxo vertical e uma de fluxo horizontal, ambas com macrofitas emergentes (taboa - *Typha sp.*), dimensionadas para cargas hidráulicas entre 135 e 733 mm/dia. A vegetação das três unidades apresentou boa adaptação, com presença de novos propágulos e aumento da densidade de plantas. Além disso, apresentaram capacidade de oxigenação, aumentando a concentração de OD no efluente final (2,76 a 3,46 mg/l), com boa capacidade de remoção de sólidos suspensos e redução da turbidez. As unidades verticais apresentaram remoção de NH_4 , entre 10 e 76%, indicando nitrificação. Para o PO_4 , as unidades verticais, apresentaram no início, aumento da concentração, e posteriormente remoção entre 34 e 44%, enquanto a unidade horizontal apresentou taxas de remoção de 7 e 40% durante todo o período. Dessa forma, conclui-se que a implantação das unidades ocorreu de forma satisfatória, resultando em sistemas promissores no pós-tratamento de reatores UASB.

Palavras-chave: *wetlands* construídos; pós-tratamento; Reator UASB.

1 Introdução

Nos países em desenvolvimento, o lançamento inadequado de esgotos domésticos e industriais em corpos hídricos é uma prática ainda em vigência, causando a poluição dos recursos hídricos e comprometimento do ecossistema aquático. A diluição de despejos de origem doméstica, industrial e agrícola pode degradar a qualidade das águas, afetando outros usos, além do abastecimento humano, tais como, o industrial, a irrigação, a preservação do ambiente e a recreação (Braga *et al.*, 2002).

Nesse contexto, é importante que se diminua a carga poluente encaminhada aos corpos d'água através de tratamento apropriado, além de promover iniciativas como a redução de consumo e reuso de água. Atualmente, uma opção bastante

explorada é a combinação de sistemas aeróbios como pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Nesta configuração, verifica-se amplo uso de Reatores UASB combinados à Biofiltros Aerados, apresentando bons resultados de remoção de poluentes (Godoy, 2007). Além disso, a combinação apresenta uma relação custo benefício positiva, visto que o sistema anaeróbio envolve menos gastos de implantação e operação em comparação a sistemas aeróbios, reduzindo o custo total do sistema. Nesse sentido, visando reduzir o custo do tratamento de efluentes sem, contudo, deixar de atender à legislação, o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo alternativas ao sistema aeróbio convencional é fundamental.

Dentre as tecnologias de tratamento de águas residuárias de baixo custo existentes, destaca-se o sistema por *wetlands* construídos. Esse sistema é uma alternativa de tratamento baseado em um banhado artificial, onde são cultivadas plantas, constituindo uma forma de tratamento fundamentado em processos físicos, químicos e biológicos (Chernicharo, 2001).

Esta tecnologia, na Europa, vem sendo bastante desenvolvida desde o início dos anos 60, com sua aplicação para o tratamento secundário em áreas rurais (Platzer, 2000). Nos últimos anos o interesse pelo tratamento de esgotos por zona de raízes aumentou em decorrência de seu avanço tecnológico, que lhe proporcionou um potencial de remoção de nutrientes bastante elevado (Kern e Idler, 1999). Este tipo de tratamento possui a vantagem de não apresentar custos energéticos, uma vez que suas operações são baseadas em procedimentos biológicos, sem qualquer tipo de ação mecânica, com baixos custos de manutenção e, além disso, constitui-se como uma tecnologia eficiente e sustentável para o tratamento de esgotos (Dallas *et al.* 2004). Seu aspecto natural aliado aos benefícios ecológicos o torna uma tecnologia facilmente aceitável pelo público, sendo indicado para pequenas comunidades rurais, mas com potencial para tratar efluentes de aterros sanitários, industriais e pós-tratamento de sistemas anaeróbios (Zhao *et al.*, 2004; Vymazal e Kropfelová, 2009).

No Brasil e em outros países em desenvolvimento, o sistema de tratamento por *wetlands* construídos é menos estudado, demandando pesquisas sobre seu funcionamento no clima tropical (Platzer, 2000; Kivaisi, 2001). Dessa forma, estudos que possam trazer contribuições para compreensão do sistema, possibilidades de aplicação e aperfeiçoamento em suas configurações e operação, são formas de contribuir para a conservação da água e com a ampliação do conhecimento sobre tecnologias apropriadas para o tratamento e reuso de água e redução de custos, culminando na proteção dos recursos hídricos e indiretamente na saúde humana. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é o de descrever e discutir os principais parâmetros de dimensionamento e operação e a eficiência inicial de remoção de poluentes de dois tipos de sistemas de *wetlands* construídos (de fluxo vertical e horizontal) como alternativas para o pós-tratamento de um Reator UASB em escala real.

2 Metodologia

2.1 Estação de Tratamento de Esgotos (ETE)

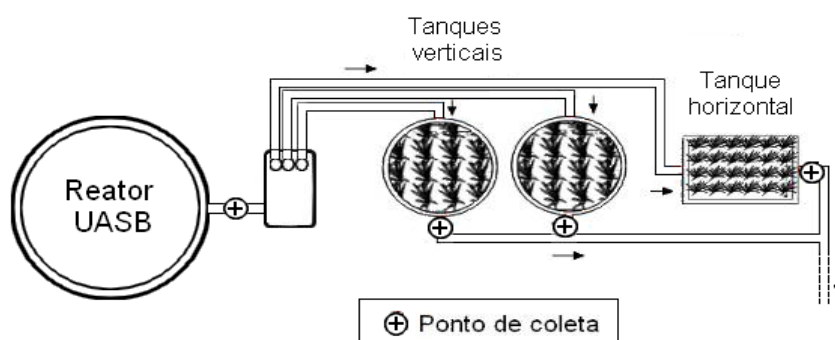
O sistema de tratamento de efluentes foi implantado em setembro de 2010 na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), localizada nas dependências da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH/USP, São Paulo, Brasil. A ETE possui vazão máxima de 100 m³/dia e é composta por um Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB) seguido por um Biofiltro Aerado Submerso (BAS).

Três tanques de sistemas de *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial (dois com fluxo vertical e um com fluxo horizontal) foram posicionados paralelamente como

pós-tratamento do Reator UASB (Fig. 1). Parte do efluente tratado pelo Reator UASB é desviado para um tanque de equalização, no qual há três bombas que, quando acionadas, distribuem o efluente para as três unidades *wetlands*.

Os tanques constituem-se de estruturas pré-moldadas de fibra de vidro, conectadas por tubulação de PVC de 45 mm de diâmetro. Para a distribuição do efluente há uma estruturação da tubulação em forma de cruz, com um conjunto de orifícios de 10 mm de diâmetro, alocados lado a lado de 10 em 10 cm na tubulação de entrada e saída. Como meio suporte utilizou-se brita #1 (diâmetro variando entre 5 e 20 mm e espaços vazios na ordem de 45%) e "pedrisco" (diâmetro variando entre 3 e 10 mm e porosidade de cerca de 40%), distribuídos da seguinte forma: para os tanques verticais, há uma camada de brita #1 envolvendo a tubulação, sobre esta colocou-se uma camada filtrante de "pedrisco" de 70 cm para o tanque vertical 1, e 82 cm para o tanque vertical 2, seguida de uma camada superficial de cerca de 10 cm de brita #1. Para o tanque horizontal a camada de brita foi colocada na região de entrada e saída do efluente, sendo a parte central coberta pela camada filtrante de "pedrisco" (cerca de 90 cm) e, ainda uma camada superficial de brita, de 10 cm, recobrimo-a.

Fig. 1. Fluxograma da ETE



2.2 Parâmetros de operação dia⁻¹

Durante o período de 31/10/2010 a 29/11/2010, as três unidades foram alimentadas com efluente proveniente do reator UASB em regime de testes para lavagem do meio suporte e adaptação da vegetação. Após este período, passaram a ser alimentadas com regime hidráulico definido para o tratamento do efluente.

As duas unidades verticais operaram com fluxo intermitente com vazão e carregamento hidráulico de 2304 l.dia⁻¹ e 733 mm.dia⁻¹, respectivamente, para a unidade vertical 1, e de 2112 l.dia⁻¹ e 672 mm.dia⁻¹ para unidade vertical 2. O carregamento das duas unidades ocorreu com intermitência de 15 minutos, com ativação da bomba de alimentação durante 10 segundos em cada ciclo. A unidade de fluxo horizontal foi alimentada de forma contínua com vazão variando entre 351 e 956 l.dia⁻¹ e carregamento hidráulico entre 135 e 368 mm.dia⁻¹, calculados para Tempo de Detenção Hidráulico (TDH) entre 1 e 3 dias, com nível d'água 5 cm abaixo da superfície.

Tabela 1. Características físicas e operacionais das unidades *wetlands*

Características construtivas			
Características	Vertical 1	Vertical 2	Horizontal
Altura	1,35 m	1,35 m	1,1 m
Diâmetro ou largura	2 m	2 m	1,1 m
Comprimento	-	-	2,36 m
Volume	4,24 m ³	4,24 m ³	2,86 m ³
Altura do meio suporte	0,84 m	0,95	1,1 m
Camada de brita #1 (5 a 20 mm)	0,14 m	0,15 m	0,1 m
Camada filtrante (3 a 10 mm)	0,7 m	0,82 m	1 m
Parâmetros operacionais de projeto			
Vazão	2304 l/dia	2112 l/dia	351 – 956 l/dia
Alimentação	Intermitente	Intermitente	contínuo
Carregamento hidráulico	733 mm/dia	672 mm/dia	135 - 368 mm/dia
TDH	-	-	1 - 3 dias

2.3 Vegetação

Nas três unidades foram plantadas macrófitas aquáticas do gênero *Typha*, popularmente denominadas como taboa. Os propágulos vegetativos da macrófita foram coletados no dia 03/11/2010 no Parque Ecológico do Tietê (PET) – Núcleo Engenheiro Goulart, São Paulo - e possuíam cerca de 0,30 m de comprimento. Optou-se pelo PET como local de coleta por conta da proximidade com a ETE, sendo que as características climáticas, hidráulicas e de qualidade da água das duas localizações eram semelhantes, propiciando melhor adaptação da vegetação. Os propágulos foram plantados conservando-se o substrato original aderido às raízes e distribuídos a uma densidade de 8 plantas/m².

2.4 Análises

As análises laboratoriais objetivaram fornecer dados acerca da performance inicial do sistema e foram realizadas no Centro Multidisciplinar de Pesquisas (CEMP) da EACH/USP. Foram realizadas 4 amostragens nos dias 3/12, 16/12 e 21/12/2010 e 20/01/2011. O equipamento utilizado para a análise de concentração dos parâmetros foi o espectrofotômetro HACH DR2800, seguindo os procedimentos recomendados pelo manual do aparelho (Ed. 2, Nov de 2005): *Método Salicilato* (adaptado de Clínica Química Acta, 14, 403 - 1996) para Nitrogênio Amônia (NH₃-N), e *PhosVer 3 Método de Ácido Ascórbico* (adaptação do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) para Fosfato ((PO₄)⁻³), tendo comprimentos de leitura de onda de 655 nm e 880 nm respectivamente.

3 Resultados e discussão

3.1 Material suporte

A seleção correta do material suporte é um fator determinante na eficiência de tratamento do sistema. Como citado anteriormente, os sistemas deste estudo foram preenchidos com brita #1 (porções superiores e inferiores) e meio filtrante de "pedrisco".

O meio suporte nas camadas superiores é permite o transporte de oxigênio (Platzer e Mauch 1997). Além disso, segundo Cooper (1999), as camadas superiores também devem permitir uma boa drenagem, com melhor distribuição do efluente. Portanto, é recomendado que se utilize um meio suporte de maior capacidade de drenagem nos primeiros 10 a 20 cm do tanque, onde geralmente ocorre a colmatação (Hua *et al.*, 2010).

A partir dos dados da Tabela 2 é possível verificar que nos sistemas utilizados neste estudo ocorre o aumento da concentração de Oxigênio Dissolvido (OD) no efluente.

Tabela 2. Concentração de OD na entrada e saída das unidades *wetlands*.

	Entrada	Saída	Unidade
Vertical 1	0,36	3,27	mg/l
Vertical 2	0,37	2,76	mg/l
Horizontal	0,36	3,46	mg/l

Esse aumento na concentração pode ser explicado tanto pela turbulência causada pelo bombeamento, quanto pelo processo de incorporação de oxigênio por convecção.

Assim, conforme o efluente é movimentado, sofre turbulência devido à potência elevada das bombas e, incorpora oxigênio pelo processo de difusão. O efluente ao ser lançado intermitentemente nas unidades *wetlands* com camada superior de brita #1, promove a sucção de oxigênio atmosférico que preenche os poros do substrato, caracterizando o aumento de concentração de OD por convecção. Desta forma, na próxima alimentação o efluente entrará em contato com um ambiente oxigenado, causando a elevação da concentração OD no efluente (Platzer, 2000). Dessa forma, verifica-se que o meio suporte de brita #1 exerce uma boa distribuição do efluente com aumento da concentração de OD.

A camada intermediária deve ser composta por material filtrante, de forma que quanto menor for sua dimensão melhor será a filtração e, portanto, a remoção de sólidos, desde que não seja inferior a um ponto crítico, no qual ocorre um efeito em cadeia sobre os sólidos suspensos que, a partir de forças mecânicas e eletrostáticas as partículas menores que 100 µm formam uma "ponte" nos poros do substrato interceptando as partículas maiores, resultando na colmatação (Hua *et al.*, 2010). Kern e Idler (1999), trabalharam com um *wetland*, cujo material suporte possuía diâmetro inferior a 2 mm, apresentando sérios problemas de colmatação, recomendando utilização de materiais com dimensões superiores a esta.

É possível observar diferenças na qualidade do esgoto em relação à turbidez (Fig. 2). As unidades vertical 2 e a horizontal apresentam efluentes com menor turbidez, seguido pela unidade vertical 1, que apresenta efluente ligeiramente mais turvo. As unidades demonstram uma eficiência relativamente boa na remoção de Sólidos Suspensos Totais (SST), estando de acordo com outros estudos sobre *wetlands* que revelam o potencial de remoção de sólidos através da filtração no meio suporte. Logo, verifica-se que o meio suporte de "pedrisco" é capaz de promover uma boa filtração, reduzindo a turbidez e concentração de Sólidos Suspensos sem causar o processo de colmatação.

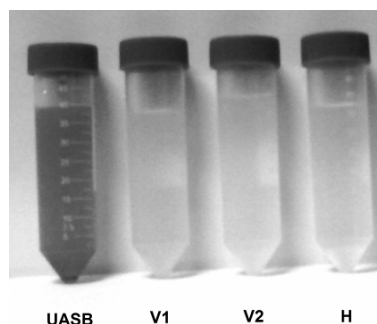


Fig. 2. Amostras da saída do UASB e das unidades *wetlands*

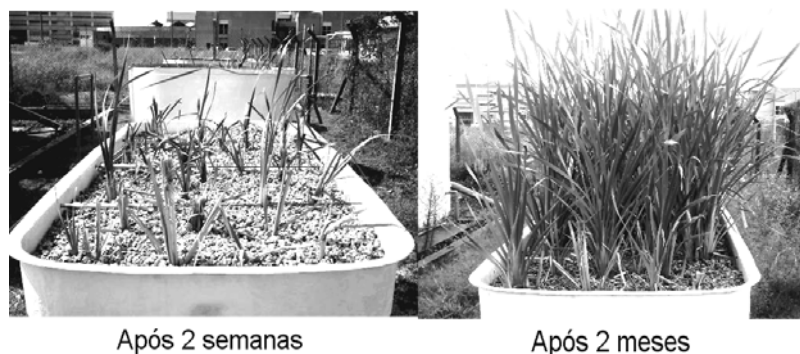
3.2 Vegetação

A espécie mais utilizada em *wetlands* construídos é a *Phragmites australis*, contudo em estudos nacionais verifica-se ampla utilização da espécie *Typha sp* com boa adaptação ao regime do sistema, apresentando boas taxas de crescimento e produtividade. Portanto, optou-se pela utilização desta espécie para o presente estudo.

As plantas apresentaram boa adaptação ao regime do sistema (Fig. 3). Os tanques verticais receberam, no início de sua operação, 24 indivíduos de *Typha sp*, enquanto a unidade horizontal recebeu 25. Após duas semanas de operação, em relação ao estado das plantas, observou-se aumento da densidade para 13 plantas/m² para o tanque vertical 1 e para o tanque horizontal, e para 11 plantas/m² para o tanque vertical 2.

Após dois meses da introdução da vegetação, observou-se intenso crescimento e surgimento de novos propágulos de *Typha sp*. no tanque horizontal, com densidade de cerca de 33 plantas/m², ou seja, com 86 indivíduos de *Typha sp.*, representando um aumento de densidade de cerca de 366%. Nos tanques verticais, observou-se um desenvolvimento inferior quando comparado ao tanque horizontal. No tanque vertical 1, a densidade era de cerca de 16 plantas/m² (50 indivíduos de *Typha sp.* no total), resultando em um aumento de densidade de cerca de 200%. No tanque vertical 2, observou-se um desenvolvimento semelhante, com aumento da densidade para 17 plantas/m² (53 indivíduos de *Typha sp.* no total), representando aumento de densidade de 212,5%.

Fig. 3. Desenvolvimento da vegetação no tanque horizontal ao longo do tempo



O melhor desenvolvimento da vegetação no tanque horizontal pode ser compreendido pelo fato de que neste tanque o nível de água ter se mantido próximo à superfície, sempre em contato com a região das raízes da vegetação. No caso dos tanques verticais, não existe um controle do nível, pois o fluxo hidráulico vertical drenava a água rapidamente, de forma que a vegetação entrava em contato com o efluente apenas nos momentos de alimentação.

3.3 Análise inicial de remoção de Nitrogênio Amoniacal

É possível observar que, neste período inicial, as unidades verticais já apresentam uma capacidade considerável de remoção de nitrogênio amoniacal (Tabela 3). Na unidade vertical 1, o nível de remoção variou entre 20 e 76%, enquanto na unidade vertical 2, variou entre 10 e 63%.

Em relação às unidades verticais, os dados apontam para a ocorrência do processo de nitrificação. Observa-se na literatura uma boa eficiência de remoção de N-NH₄. Masi e Martinuzzi (2007), operando sistemas de *wetlands* verticais tratando esgoto bruto e no pós-tratamento de *wetlands* horizontais, obtiveram, respectivamente, taxas de remoção de NH₄ de cerca de 77 a 99% e 85%. No experimento de

Farahbakhshazad *et al.* (2000), utilizando *wetlands* de fluxo vertical no tratamento de esgoto bruto, observou-se uma taxa de remoção de cerca de 85%. A eficiência inicial inferior com melhora na última análise, observados na presente pesquisa, indicam que as bactérias nitrificantes podem ainda estar se adaptando às condições do sistema, de forma que, com seu estabelecimento, as taxas de remoção de nitrogênio amoniacal podem se estabilizar em níveis elevados.

A unidade horizontal apresentou aumento de concentração. Esses valores podem ser decorrentes da transformação de nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal, sem a oxidação do último, aumentando, portanto, sua concentração e causando, por sua vez, aumento da concentração de NH_4 . Os resultados de eficiência do sistema horizontal diferem dos encontrados na literatura para sistemas em operação estável. Sousa *et al.* (2000), operando sistemas *wetlands* como pós tratamento de um UASB, obtiveram uma taxa de remoção de NH_4 variando entre 51 e 86%. Vymazal e Kropfelová (2009) em um trabalho de revisão verificaram uma taxa média de remoção de NH_4 da ordem de 33,9%. Esses resultados apontam para um possível processo de melhora na eficiência de remoção do sistema horizontal com a adaptação do microorganismos ao sistema, com seu pleno estabelecimento, como é possível ver na última análise. No entanto, ressalta-se que essa melhora na eficiência pode estar relacionada à diluição de NH_4 , decorrente de fortes chuvas que ocorreram no período de coleta de amostras.

Tabela 3. Concentração de NH_4 -N

	Data de Amostragem			
	03/12/2010	16/12/2010	21/12/2010	20/01/11
Entrada	*	8 mg/L	0,99 mg/L	26,17 mg/L
Horizontal	12,2 mg/L*	*	19,34 mg/L	6,24 mg/L
Vertical 1	*	6,4 mg/L*	1,48 mg/L	9,63 mg/L
Vertical 2	8,4 mg/L*	7,2 mg/L*	0,76 mg/L	4,32 mg/L

*A concentração ultrapassou a capacidade de leitura do equipamento.

3.4 Análise inicial de remoção de Fósforo

Segundo os resultados obtidos nas análises dos dias 16/12 e 21/12/2010 (Tabela 4), pode-se observar que, com exceção apenas do tanque horizontal, houve um aumento da concentração de PO_4 , com taxas de 23% e 29% para o tanque vertical 1; e 17% em ambas análises para o tanque vertical 2. Supõem-se que, devido ao sistema possuir um ambiente mais oxigenado, tenha ocorrido a oxidação de fósforo orgânico, aumentando a concentração de PO_4 no efluente. No entanto, a última amostragem aponta para a redução da concentração em todas as unidades; com taxas de remoção de PO_4 pelo tanque horizontal de 40%, 7% e 73% para cada análise, respectivamente.

A eficiência inferior dos sistemas verticais pode ser compreendida a partir do fato de o sistema possuir um ambiente mais oxigenado, promovendo a oxidação do fósforo orgânico, resultando no aumento da concentração de PO_4 no efluente do sistema. No caso do tanque horizontal, além de possuir condições anaeróbias, a vegetação passa mais tempo em contato com o efluente, resultando na maior absorção pelas plantas. Em relação ao ganho abrupto de eficiência na última análise, ressalta-se que neste período ocorreram fortes chuvas, de modo que o pH do efluente pode ter-se elevado, causando maior precipitação do PO_4 . Além disso,

a chuva favorece a diluição dos poluentes, resultando da redução da concentração dos mesmos.

Tabela 4. Concentração de PO₄

	16/12/2010	21/12/2010	20/01/11
Entrada	3 mg/L	1,55 mg/L	4,28 mg/L
Horizontal	1,8 mg/L	1,45 mg/L	1,17 mg/L
Vertical 1	3,7 mg/L	2,00 mg/L	2,40 mg/L
Vertical 2	3,5 mg/L	1,82 mg/L	2,81 mg/L

4. Conclusões

Para as condições experimentais deste estudo e o período de observação, pode-se concluir que, a partir do desempenho verificado através do monitoramento do desenvolvimento e propagação da vegetação, concentração de OD, análise visual da turbidez e eficiência na remoção de nutrientes, o sistema de *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial (vegetados com *Typha* sp.) apresentou-se como uma promissora alternativa de baixo custo para o pós-tratamento de reatores UASB.

De maneira geral, as análises realizadas até o momento indicam que, para os parâmetros de operação definidos, o meio suporte selecionado é adequado para remoção de SST e aeração do sistema. A vegetação apresentou boa adaptação às condições do sistema, sobretudo no tanque horizontal, onde foi mantida em contato permanente com o efluente. Os sistemas verticais apresentaram taxas significativas de remoção de NH₄, enquanto nos sistemas horizontais observou-se boa eficiência de remoção de PO₄.

Ressalta-se que é necessário um conjunto maior de dados, englobando a eficiência do sistema quando este se apresentar mais estável, após sua fase inicial de adaptação e desenvolvimento de microorganismos, para que se possa compreender de forma mais consolidada seu papel no pós-tratamento de reatores UASB.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (processo 2010/00851-2) e ao CNPq (processo 148158/2010-2) pelas bolsas concedidas ao projeto de pesquisa.

6. Referências

Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Barros, M. T. L., Spencer, M., Porto, M. F. A., Nucci, N., Juliano, N., Eiger, S. 2002. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall.

Chernicharo, C. A. L. 2001. Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, p. 544.

Cooper, P. 1999. A review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed treatment systems. *Water Science Technologies*, v. 40, n. 3.

Dallas, S., Scheffe, B., Ho, G. 2004. Reedbeds for Greywater Treatment – Case Study in Santa Elena – Monteverde. *Ecological Engineering*, v.23, p.55-61, Costa Rica.

Farahbakhshazad, N., Morrison, G. M., Filho, E. S. 2000. Nutrient Removal In A Vertical Upflow *Wetland* In Piracicaba, Brazil. *Ambio*, v. 29, n. 2, 74 - 77, Brasil.

Godoy, T. G. 2007. Biofiltro Areado Submerso Aplicado ao Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB, Sob Condições Hidráulicas Desfavoráveis – Estudo em Escala Real. Brasil.

Hua, G. F., Zhu, W. J. Y. 2010. Clogging pattern in vertical-flow constructed *wetlands*: insight from a laboratory study. *Journal of Hazardous Materials*, v. 180, n. 1 –3, p. 668 – 674, China.

Kern, J., Idler, C. 1999. Treatment of Domestic and Agricultural Wastewater by Reed Bed Systems. *Ecological Engineering*, v. 12, n. 1-2, p.13-25, Alemanha.

Kivaisi, A. K. 2001. The potential for constructed *wetlands* for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering*, v.16, n.4, p.545 –560.

Masi, F., Martinuzzi, N. 2007. Constructed *Wetlands* for the Mediterranean Countries: Hybrid Systems for Water Reuse and Sustainable Sanitation. *Desalination*, Itália. v. 215, n. 1-3, p. 44-55.

Platzer, C., Mauch, K. 1997. Soil Clogging in Vertical Flow Reed Beds – Mechanisms, Parameters, Consequences and Solutions?. *Water Science and Technology*, v. 35, n. 5, p., 175-181, Alemanha.

Platzer, C. 2000. Development of Reed Bed Systems – A European Perspective. Proceedings of the IWA 7th International Conference on *Wetland* Systems for Water Pollution Control Lake Buena Vista, Florida.

Sousa, J. T., Van Haandel, A. C., Cosentino, P. R. S., Guimarães, A. V. A. 2000. Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB Utilizando Sistemas “*Wetlands*” Construídos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande. v. 4, n. 1, p. 87 – 91.

Vymazal, J., Kröpfelová, L. 2009. Removal of nitrogen in constructed *wetlands* with horizontal sub-surface flow: a review. *Wetlands*, v. 29, n. 4, p. 1114 - 1124, Czech Republic.

Zhao, W. Y., Wu, Z. B., Zhou, Q. H., Cheng, S. P., Fu, G. P., He, F. 2004. Removal of dibutyl phthalate by a staged, vertical-flow constructed *wetland*. *Wetlands*, v. 24, n. 1, p. 202 – 206, China.