



II-027 - *CYPERUS PAPYRUS* EM SISTEMA DE WETLAND-CONSTRUÍDO COMO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTOS

Luciano Zanella⁽¹⁾

Pesquisador e professor do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Engenheiro Civil pela Universidade Estadual Paulista (UNESP/Guaratinguetá). Mestre em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP). Doutor em Engenharia Civil na área de Saneamento e Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Edson A. Abdul Nour

Professor Dr. do Departamento de Saneamento e Ambiente da FEC/UNICAMP. Engenheiro de Alimentos pela FEA/UNICAMP. Tecnólogo em Saneamento pelo CESET/UNICAMP. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela FEC/UNICAMP. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Eng. de São Carlos/USP.

Denis Miguel Roston

Prof. Dr. da FEAGRI/UNICAMP. Engenheiro Civil pela EESC/USP. Especialização em Environmental Engineering pelo IHE, Holanda. Mestrado em Engenharia Agrícola pela UNICAMP. Doutor em Engenharia Civil pela Colorado State University.

Endereço⁽¹⁾: Rua Visconde do Rio Branco, 707 - Centro - Araras - SP - CEP: 13600-081 - Brasil - Tel: +55 (19) 3541-2393 - Fax: +55 (11) 3767-4671 - e-mail: lucianoz@engnet.com.br.

RESUMO

O sistema de *wetland*-construído é uma alternativa interessante para sistema de pós-tratamento de efluentes de sistemas anaeróbios de tratamento. São sistemas de forte apelo ecológico e estético, devido ao maciço vegetal que se forma como fator principal de foco visual. A vegetação empregada pode ser selecionada de acordo com condições climáticas locais desde que seja capaz de se adaptar às condições impostas pelo sistema de pós-tratamento. Pesquisas recentes buscam a adaptação de espécies ornamentais ao tratamento de efluentes com o intuito de proporcionar um maciço vegetal de apelo estético interessante, fato que serviu como mote para a seleção da espécie *Cyperus papyrus* como vegetação a ser empregada na presente pesquisa. A vegetação foi utilizada em *wetland*-construído com leito de brita nº1 como pós-tratamento de reator anaeróbio compartimentado responsável pelo tratamento dos efluentes gerados pelos prédios de salas de aula e laboratório da faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. A espécie utilizada mostrou-se plenamente adaptável ao sistema, preenchendo totalmente a área do *wetland*-construído em cerca de 120 dias após o plantio culminando na formação de um maciço vegetal visualmente atrativo e ornamental. Mesmo trabalhando com 1,5 dias de TDH, o sistema mostrou-se eficiente na remoção de matéria orgânica e sólidos, atingindo valores médios de eficiência de remoção de 62 ± 27 % para DQO e 49 ± 45 % para DBO a partir do esgoto tratado pelo reator compartimentado. O sistema também mostrou-se adequado à remoção de sólidos atingindo valores médios ao redor de 71 % para sólidos em suspensão. Embora resultados aquém do esperado foram obtidos para a remoção de fósforo e para coliformes, o sistema com a combinação de meio-suporte e vegetação utilizados mostra-se adequado ao fim pretendido.

PALAVRAS-CHAVE: *wetlands*-construídos, pós-tratamento, plantas ornamentais, efluente sanitário.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países mais avançados, mundialmente, em pesquisa e utilização de sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes, sendo um dos primeiros países no mundo a usar reatores que empregam esse tipo de tecnologia como unidades principais de grandes estações de tratamento de efluentes domésticos. Apesar das inúmeras vantagens apresentadas por esse tipo de sistema, o efluente originário do tratamento ainda possui características em desacordo com os requisitos ambientais exigíveis legalmente, o que demanda a utilização de sistemas complementares de tratamento.

Entre os sistemas de pós-tratamento, de forma a não destoar das principais características que tornam vantajoso os sistemas anaeróbios, encontram-se os sistemas naturais de tratamento, que podem ser definidos, segundo Reed et al (1995), como o conjunto de processos que dependem principalmente de componentes

naturais para atingir o propósito pretendido. São sistemas que se valem de processos físicos como sedimentação ou filtração e sistemas biológicos, principalmente facultativos ou anaeróbios para obter o grau desejável de tratamento sem a dependência de utilização de energia elétrica a não ser para o bombeamento dos efluentes para o interior do sistema.

Dentre os sistemas naturais pode-se destacar o sistema de *wetlands*-construídos que, além de servir como pós-tratamento, têm forte apelo ecológico e estético, devido ao maciço vegetal que se forma como fator principal de foco visual, colaborando para atenuar fatores de rejeição associados às estações de tratamento.

A atenção demandada pelo maciço vegetal faz com que a seleção da espécie utilizada seja um ponto crucial na concepção do sistema. Ainda existem controvérsias a respeito do verdadeiro papel desempenhado pelas plantas nos *wetlands*-construídos sendo atribuídas a esse constituinte do sistema de importância meramente decorativa até vital ao sucesso do processo de tratamento pela introdução de oxigênio na zona de raízes e colaboração na redução da carga de nutrientes presentes no esgoto.

Fundamentalmente, uma espécie vegetal para ser empregada em um sistema de *wetland*-construído deve estar adaptada a ambientes permanentemente saturados e deve suportar o fluxo constante de poluentes de diversos tipos e concentrações.

A facilidade de adaptação às condições ambientais locais, como temperatura e insolação, faz com que espécies locais, encontradas nos arredores do ponto de instalação do sistema de *wetlands*-construídos sejam preferidas, mesmo que essas espécies não sejam visualmente atrativas. Como exemplo vegetação comumente utilizada, principalmente devido à sua extensa distribuição geográfica e robustez apresentada, tem-se as diversas espécies do gênero *Typha*, uma das mais utilizadas mundialmente para o tratamento de esgotos.

Muitos outros gêneros e espécies podem ser utilizados no tratamento de esgotos em sistemas de *wetlands*-construídas, mas são poucas as experiências relatadas com o objetivo de tirar proveito de espécies vegetais de interesse ornamental para esse fim. Com esse enfoque destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Zanella (2008), Asmus et al (2007), Zhang et al (2007), Ribas e Fortes Neto (2006), Belmont et al (2004), Cossu et al (2004), Cossu et al (2003) e Nyakang'o & Van Bruggen (1999).

Uma espécie com potencial ornamental e, comercial com ótima adaptação aos sistemas de tratamento de esgotos é o *Cyperus papyrus*, conhecido também como papiro, papiro ou papiro gigante (Figura 1), é uma planta perene, de origem norte-africana que alcança altura superior a 200 cm (Lorenzi e Souza, 2001). É tida como uma planta de alta resistência, necessitando de sol pleno, clima quente e solo de úmido a encharcado para seu cultivo. Das fibras de sua haste era confeccionado o papiro utilizado pelos egípcios como suporte para a escrita. Atualmente é muito apreciada em arranjos florais e as lâminas feitas com suas folhas têm boa versatilidade e aceitação para artesanato, sendo utilizadas na produção de luminárias, biombos, revestimento de caixas, confecção de quadros, convites, etc.



Figura 1 – *Cyperus papyrus* – papiro



Testes com papiro foram conduzidos por Kyambadde et al. (2004) em um sistema de *wetlands*-construídos implantado na cidade de Kampala, Uganda, que recebia esgotos tratados na estação de tratamento de Bugalobi. Parte do experimento realizado era composta por duas linhas paralelas de tratamento, formadas por seis tanques cada. Os tanques utilizados eram de forma cilíndrica, sendo os dois primeiros de cada linha com 0,58 m de diâmetro por 0,82 m de altura e os restantes de 0,58 m de diâmetro por 0,43 m de altura. Os primeiros dois tanques de cada linha não eram vegetados, os demais eram vegetados com *Cyperus papyrus*, mas não continham nenhum tipo de meio suporte. O TDH empregado foi de 5 dias. Durante o andamento dos trabalhos foram monitorados: o crescimento das raízes, a massa verde (a planta era retirada do tanque, pesada e devolvida ao mesmo local), as características da água e a quantidade de microrganismos nitrificantes nas raízes. Os resultados obtidos demonstram que o papiro tem potencial para sua utilização no tratamento de esgotos apresentando redução nas concentrações de N-NH₄ e P, respectivamente, de 75,3 e 83,2 %. Em tanques semelhantes não vegetados, utilizados como ponto de comparação, a remoção para esses compostos foi de 27,9 % para N-NH₄ e 10,3 % para P, indicando que a vegetação tem grande importância na tomada de nutrientes de sistemas de tratamento de esgotos empregando *wetlands* e colocando em discussão a idéia sedimentada que a maior parte da remoção de fósforo em sistemas empregando *wetland* se dá pela sua sorção no meio suporte. A quantidade de bactérias nitrificantes encontrada nas raízes foi de 2,15 x 10⁶ NMP.g⁻¹ sugerindo que as raízes do papiro são bons locais para fixação e acesso ao alimento e oxigênio.

OBJETIVO DO TRABALHO

Avaliar a viabilidade do pós-tratamento de esgotos sanitários com o sistema de *wetlands*-construídos com leito de brita nº1 utilizando-se espécie vegetal ornamental – *Cyperus papyrus* e verificar a adaptação dessa espécie vegetal sob as condições impostas pelo sistema de tratamento de efluentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema de tratamento de efluentes utilizado foi construído nas dependências da UNICAMP, no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI em colaboração com a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC no campus principal da Universidade Estadual de Campinas, distrito de Barão Geraldo, município de Campinas - SP.

O sistema foi concebido como parte das instalações de pesquisas utilizadas no âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB, rede 5, edital 4, com recursos da FINEP.

O esgoto tratado pelo sistema é oriundo das dependências de ensino e pesquisa da FEAGRI, incluindo salas de aula, salas de professores e laboratórios. As atividades desenvolvidas no local conferem ao esgoto características um pouco diferentes das características esperadas para um esgoto doméstico devido à diferença entre o tipo de atividades desenvolvido no local, em especial as atividades laboratoriais, e aquele esperado em local com ocupação residencial comum.

Como unidade principal de tratamento, o sistema contou com um reator compartimentado anaeróbio de três câmaras, com volume total aproximado de 3,3 m³ sendo, aproximadamente, 1,68 m³ na primeira câmara e 0,84 m³ em cada uma das demais. Sua construção foi realizada utilizando-se tubos de concreto de 1 m de diâmetro por 1,40 m de comprimento (1,20 m de comprimento útil), impermeabilizados internamente e dispostos com o eixo na posição vertical apoiados sobre uma laje de concreto.

A unidade de pós-tratamento é composta por *wetlands*-construídos de fluxo horizontal subsuperficial, executados em tanques retangulares, de resina plástica reforçada com fibra de vidro, de volume aproximado de 2,3 m³ cada, com dimensões de 2,7 m de comprimento por 1,7 m de largura por 0,50 m de profundidade útil.

O tanque foi assentado diretamente sobre o solo de forma semi-enterrada, com desnível de, aproximadamente, 5 cm entre as bordas no sentido longitudinal.

O meio suporte utilizado foi brita nº1 com dimensões médias entre 9,5 e 19 mm, adquirida em casas de material de construção. Para a sua utilização no tanque, a brita não sofreu qualquer tipo de tratamento, nem mesmo a sua limpeza. Seu acondicionamento foi feito de forma aleatória no interior do tanque mantendo uma

distância de 10 cm entre o nível do leito e a borda da piscina na parte anterior e cerca de 5 cm na parte posterior de forma a manter o nível do leito paralelo ao nível d'água para que a lâmina líquida não fique aflorante.

Amostras da brita utilizada foram avaliadas em laboratório para determinação do índice de vazios utilizado na determinação das vazões de aplicação de efluente, chegando-se ao valor médio de 44,7 %.

O tempo de detenção hidráulico médio aplicado ao pós-tratamento foi de, aproximadamente, 1,5 dias, ficando submetido às variações intrínsecas ao regime de produção de esgotos imposto pelas atividades do local onde está instalado como a ausência de esgotos aos finais de semana e durante as madrugadas. O tempo de detenção utilizado é considerado pequeno se comparado às recomendações da literatura, onde encontram-se sistemas de *wetlands* operando com TDH superiores a 5 dias.

Foram utilizadas, inicialmente, 20 mudas de papiro para 4,6 m² de área superficial do *wetland*. As mudas, depois de retirado o excesso de terra, foram dispostas em cavas abertas diretamente no leito de material suporte, formando quatro linhas longitudinais, de cinco mudas cada (Figura 2).



Figura 2 – *wetland*-construída após o plantio de papiro

O acompanhamento do sistema foi iniciado a partir da entrada em operação do reator compartimentado. O esgoto tratado foi encaminhado aos *wetlands*-construídos a partir de 22 de abril de 2005 e a avaliação da qualidade da água iniciada 33 dias depois.

O monitoramento do sistema de pós-tratamento teve dois focos principais: a adaptação da espécie vegetal selecionada ao ambiente imposto pelo sistema de pós-tratamento de efluentes e a verificação da qualidade do esgoto quando submetido ao pós-tratamento.

A verificação da qualidade do esgoto foi baseada em amostragem semanal realizada de forma composta durante as manhãs das quartas feiras, excetuando-se os dias chuvosos. A amostra utilizada para as análises era composta entre 9 e 12 da manhã.



Os pontos de coleta utilizados foram: a saída do reator compartimentado e a saída do *wetland*-construído alvo de estudo do presente trabalho.

RESULTADOS OBTIDOS

Os *wetlands*-construídos foram operados por 470 dias para verificação do desempenho como sistema de pós-tratamento de efluentes e acompanhados por 865 dias para a verificação do crescimento e adaptação da vegetação.

A etapa de partida do sistema foi realizada com a introdução no *wetland*, desde o primeiro instante logo após o plantio, de esgoto já tratado pelo reator compartimentado anaeróbio. A estratégia de partida utilizada excluiu, portanto, o período de adaptação da vegetação com água e posterior acréscimo gradual de esgoto, usual para o início de operação desse tipo de sistema.

Em reflexo à estratégia de partida utilizada, cerca de duas semanas após o plantio, a folhagem de toda a vegetação plantada tornou-se totalmente ressecada dando aparência de perda de todas as mudas, mas após um mês de operação a vegetação mostrava sinais de adaptação, apresentando diversos brotos. Todas as 20 mudas plantadas sobreviveram.

A evolução da adaptação e desenvolvimento da vegetação pode ser observada na sequência de registros fotográficos apresentadas na Figuras 3. Além das fotos são apresentadas a data de registro e o número de dias após o plantio.



28/04/2005 07 dias



03/06/2005 15 dias



10/06/2005 50 dias



29/08/2005 130 dias

Figura 3 – Evolução da vegetação no *wetland*-construído com leito de brita e vegetado com papiro

O papiro apresentou crescimento vigoroso, mostrando-se adequado ao plantio em sistemas de *wetlands*-construídos. O maciço vegetal formado apresenta características ideais para a utilização em estações de tratamento de efluentes que tenham acesso visual externo. As plantas atingiram alturas superiores a 2 metros formando um maciço denso e de visualização agradável, tomando por completo o tanque em cerca de 120 dias após o plantio.

O vigor do crescimento, por outro lado, dá indícios que essa espécie pode danificar a impermeabilização de fundo do tanque caso este seja construído como uma obra de terra ou com a utilização de manta impermeável. Ao final do acompanhamento do sistema, junho de 2007, cerca de 800 dias após o plantio, porções das raízes das plantas haviam saído pela parte superior do tanque e se fixado no solo ao redor do sistema de tratamento.

A adaptação do papiro às condições impostas pelo sistema de pós-tratamento de efluentes foi total, o que proporcionou, inclusive, a ocorrência de floração da espécie, embora sem importância ornamental.

Uma característica dos sistemas vegetados é a perda de água por evapotranspiração. A perda de água pode variar de acordo com a vegetação empregada e com as condições climáticas locais. O valor médio de perda de água encontrado para o sistema avaliado foi de 48,4 %. A variação de vazão produzida por essa perda indica a necessidade de uma verificação complementar a respeito da eficiência de tratamento proporcionada pelo sistema de *wetlands* adotando a verificação de eficiência com respeito à carga poluente removida em complementação aos resultados de eficiência baseados na variação de concentração do poluente. A constatação da variação de vazão para o sistema estudado foi detectada no final da operação tornando a avaliação da carga removida pouco precisa para o presente trabalho, portanto os resultados apresentados encontram-se sob a forma clássica de eficiência baseada na variação das concentrações dos poluentes.

O resultado médio obtido para a remoção de DBO no *wetland* foi de 49 ± 45 % com valores médios do esgoto afluente ao sistema de 58 ± 37 mg.L⁻¹ e valores médios efluentes de 23 ± 20 mg.L⁻¹ atingindo valores mínimos de 0,9 mg.L⁻¹ e eficiência máxima de remoção de DBO de 97 %. Alguns dos resultados obtidos podem ser verificados na Figura 4.

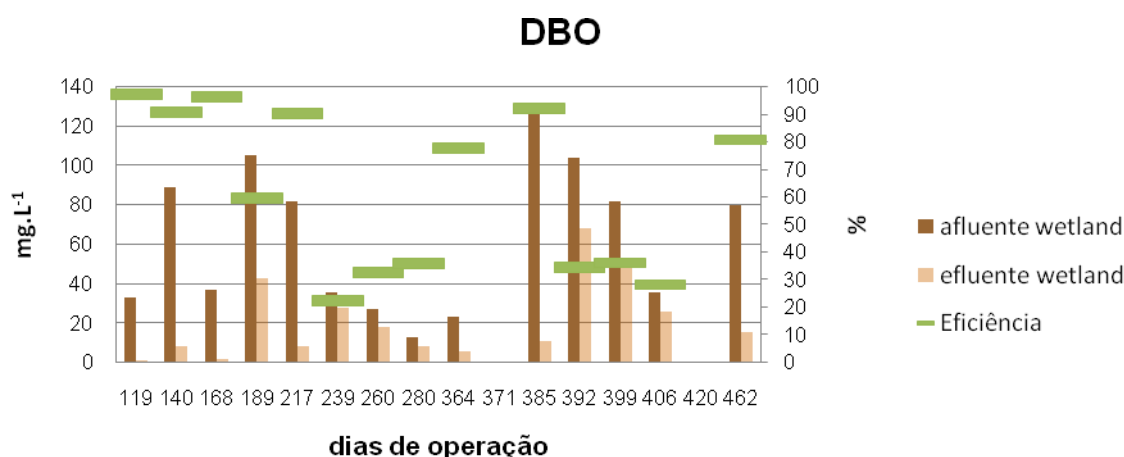


Figura 4 – Valores de DBO ao longo do tempo de acompanhamento do sistema

Resultados semelhantes em termos médios puderam ser notados para a remoção de DQO, 62 ± 27 %. O sistema mostrou-se com uma boa capacidade de absorver as variações desse parâmetro encontradas no esgoto afluente ao pós-tratamento, que apresentou valores médios de 185 ± 94 mg.L⁻¹, enquanto que os valores para a saída do sistema situaram-se em torno de 61 ± 40 mg.L⁻¹. A máxima eficiência alcançada pelo sistema foi de 99% de remoção de matéria orgânica na forma de DQO atingindo o valor mínimo de 1,0 mg.L⁻¹. Os valores obtidos ao longo do tempo de acompanhamento do sistema podem ser vistos na Figura 5.

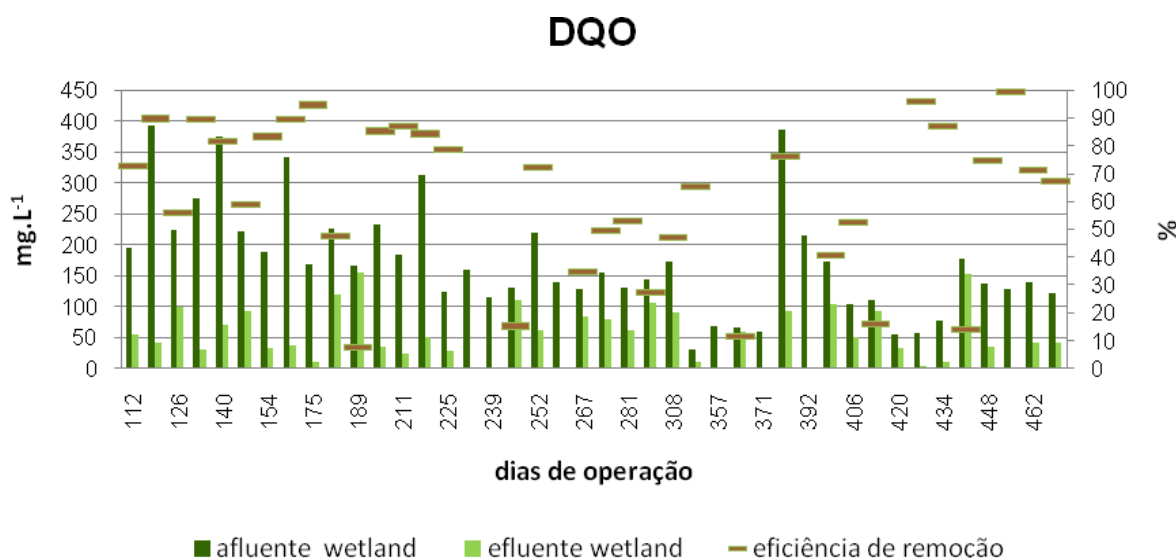


Figura 5 – Valores de DQO ao longo do tempo de acompanhamento do sistema

Nota-se, como esperado, que o sistema de *wetland*-construído de fluxo horizontal mostrou-se bastante adequado à remoção de matéria orgânica remanescente do tratamento anaeróbio inicial.

Além da boa eficiência na remoção de matéria orgânica, o sistema também mostrou-se adequado para a remoção de sólidos. Os valores médios na saída do sistema foram de $12,9 \pm 10,9$ mg.L⁻¹ para sólidos suspensos totais, $4,0 \pm 4,9$ mg.L⁻¹ para sólidos suspensos fixos e $9,0 \pm 8,8$ mg.L⁻¹ para sólidos suspensos voláteis, enquanto que, os valores médios de entrada no sistema de pós-tratamento foram, respectivamente de $64,2 \pm 50,9$ mg.L⁻¹, $15,7 \pm 11,0$ mg.L⁻¹ e $49,2 \pm 43,1$ mg.L⁻¹. A eficiência de remoção de SST foi de $71,6 \pm 26,1$ %, com concentração mínima de 0,3 mg.L⁻¹. Já a eficiência de remoção para SSF foi de $71,7 \pm 42,1$ % atingindo valor mínimo de 0 mg.L⁻¹, enquanto que para SSV a eficiência média de remoção foi de $71,5 \pm 32,3$ % atingindo a concentração mínima de 0,3 mg.L⁻¹. A compilação dos resultados para sólidos em suspensão pode ser vista na Figura 6.

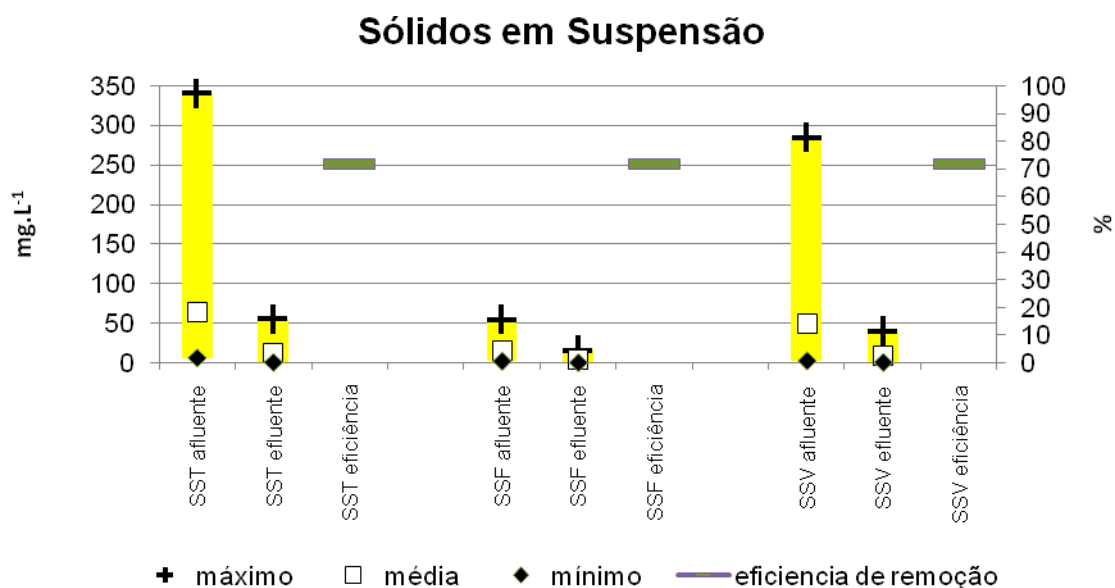


Figura 6 – Valores de sólidos em suspensão para o wetland construído

A eficiência de remoção de fósforo foi bastante inconstante ao longo do tempo de acompanhamento do sistema como pode ser observado na Figura 7. Foi obtido valor médio de remoção de $27,7 \pm 30,4$ % para o sistema de wetland-construído com leito de brita e vegetado com papiro, bastante inferior ao relatado na literatura por Kyambadde et al. (2004). Os valor médio obtido no esgoto efluente foi de $5,7 \pm 2,9$ mg.L⁻¹ e o valor mínimo obtido foi de 1mg.L⁻¹.

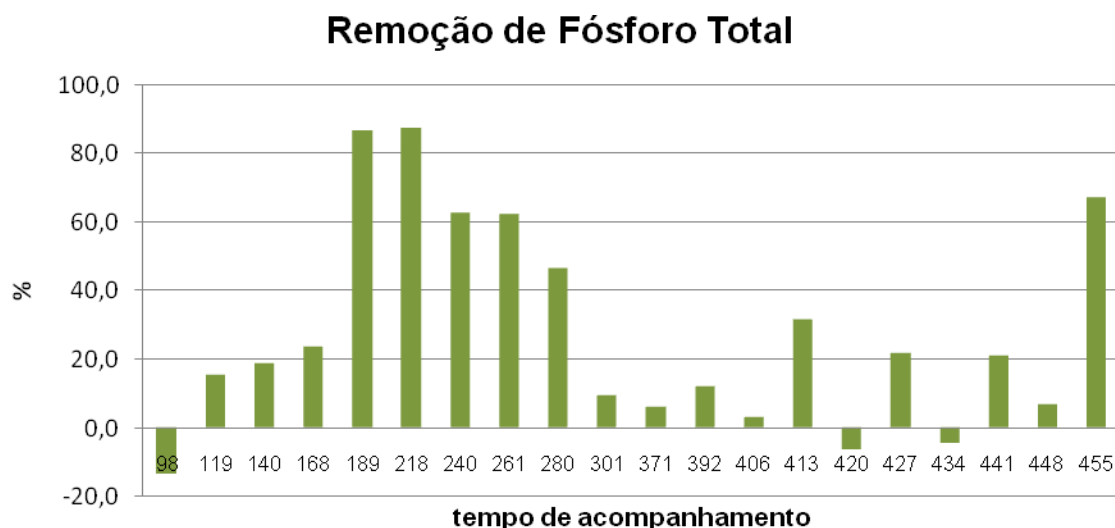


Figura 7 – Eficiência de remoção de fósforo total ao longo do tempo de acompanhamento do sistema

O sistema não se mostrou eficiente para a remoção de microrganismos do grupo coliforme durante o tempo de acompanhamento, alcançando cerca de 1 log de decaimento. Os valores mínimos alcançados, em termos de NMP.100 mL⁻¹, para o esgoto tratado: $6,0 \cdot 10^5$ quanto a coliformes totais e $1,0 \cdot 10^3$ quanto a coliformes termotolerantes, com percentuais médios de remoção, respectivamente, de 86 ± 30 % e 92 ± 12 %.

Os valores de turbidez, assim como os obtidos para a remoção de fósforo, tiveram uma grande variação ao longo do tempo conforme indicado na Figura 8. O valor médio de turbidez obtido para o efluente ao sistema foi $27,5 \pm 18,7$ UT, alcançando valor mínimo de 2,3 UT. O período de maior turbidez média foi detectado entre fevereiro e maio de 2006, coincidindo com períodos de chuvas intensas.

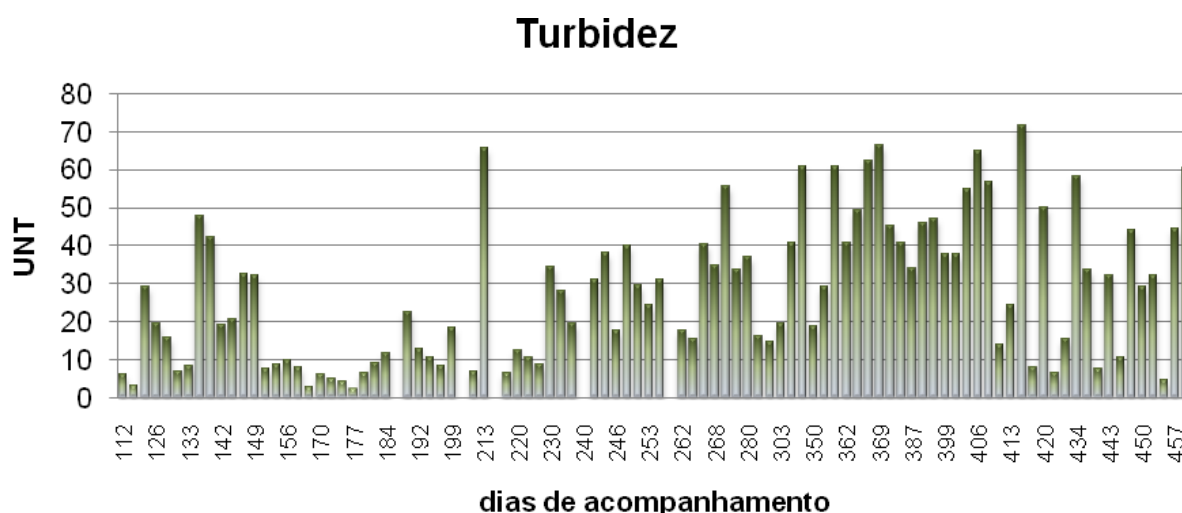


Figura 8 – Valores de turbidez obtidos ao longo do tempo de acompanhamento do sistema

CONCLUSÕES

A espécie vegetal *Cyperus papyrus*, utilizada no sistema, mostrou-se adequada à utilização em sistemas de tratamento de efluentes com *wetlands*-construídos com leito de brita, indicando perfeita adaptação às condições impostas e desenvolvimento acima do esperado.

Não houve perda de mudas e o sistema foi totalmente preenchido pelo papiro em cerca de 120 dias após o plantio.

O sistema de *wetland*-construído utilizando *Cyperus papyrus* (papiro) e brita nº1 como meio suporte mostrou-se eficiente como sistema complementar de tratamento de esgotos, principalmente quanto à remoção de matéria orgânica e sólidos.

Os valores médios obtidos para a eficiência de remoção de matéria orgânica foram de 62 ± 27 % para DQO e 49 ± 45 % para DBO a partir de efluente tratado por reator anaeróbio compartimentado, incrementando a qualidade do esgoto tratado final.

A eficiência de remoção de sólidos também foi satisfatória, com valores médios de $71,6 \pm 26,1$ % para SST, $71,7 \pm 42,1$ % para SSF e $71,5 \pm 32,3$ % para SSV.

O sistema de tratamento proporcionou a melhoria na qualidade visual do efluente, atingindo valor médio de turbidez de $27,5 \pm 18,7$ UT embora os resultados oscilassem bastante ao longo do tempo de verificação entre valores de 2,3 UNT e 71,5.

Tanto a remoção de fósforo total quanto a remoção de microrganismos do grupo coliforme foram consideradas aquém do esperado. A eficiência média de remoção de fósforo total conseguida pelo *wetland* vegetado com papiro foi de $27,7 \pm 30,4$ % e para a remoção de microrganismos, o valor médio alcançado para a eficiência de remoção de coliformes termotolerantes atingiu 92 ± 12 %, ocorrendo cerca de 1 log de decaimento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASMUS, A. F.; OLIVEIRA, A. S.; BEZERRA, L. P.; SANTOS, L. S.; IDE, C. N., Estudo da adaptabilidade de plantas ornamentais e da sua eficiência no tratamento em sistemas de banhados construídos. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte – MG. Anais eletrônicos. 2007
2. BELMONT, M. A.; METCALFE, C. D.; CANTELLANO, E.; THOMPSON, S.; WHILLIAMSON, M.; SÁNCHEZ, A., Treatment of domestic wastewater in a pilotscale natural treatment system in central Mexico. *Ecological Engineering*, n. 4-5, v. 23, p. 299 - 311, 2004.
3. COSSU, R.; BORIN, M.; LAVAGNOLO, M. C.; SPINATO, P. “Screening of species suitable to be used in subsurface flow vegetated bed as a tool for integrated wastewater management” Anais eletrônicos: Proceeding of the II International Conference on Efficient Use and Management of Urban Water Supply, Tenerife Spain 2003.
4. COSSU, R.; LAVAGNOLO, M. C.; BORIN, M.; GANDINI, M. “Phytotreatment of greywater with yellow water addition from an aesthetic approach” Anais eletrônicos: 5º Simpósio italo-brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Taormina - Itália 2004.
5. KYAMBADDE, J.; KANSIIME, F.; GUMAELIUS, L.; DALHAMMAR, G. A comparative study of *Cyperus papyrus* and *Miscanthidium violaceum*-based constructed wetlands for wastewater treatment in a tropical climate. *Water Research*. n.38, p. 475 – 485, 2004.
6. LORENZI, H.; SOUZA, H. M. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3ª edição, Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, 1088p. 2001.
7. NYAKANG’O, J. B.; VAN BRUGGEN, J. J. A., Combination of a well functioning constructed wetland with a pleasing landscape design in Nairobi, Kenya. *Water Science Technology*, v.40, n. 3, p. 249 – 256, 1999.
8. REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. *Natural Systems for Waste Management and Treatment*. McGraw Hill, 2ª edição. 433p. 1995.
9. RIBAS, T. B. C. & FORTES NETO, P.; Sistema combinado tanque séptico seguido de leito de raízes: uma tecnologia apropriada de saneamento básico para pequenas comunidades. In: IV Congresso de Saúde e Qualidade de Vida do Cone Leste Paulista - Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) - São José dos Campos - SP, 2006
10. ZANELLA, L. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: *wetlands*-construídos utilizando brita e bambu como suporte. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 218p. 2008
11. ZHANG X., LIU P., YANG Y., CHEN W.; Phytoremediation of urban wastewater by model wetlands with ornamental hydrophytes. *Journal of Environmental Sciences*, n. 19, p. 902 – 909, 2007.