



**XI SILUBESA**

***Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

### **III-106 - UTILIZAÇÃO DE WETLAND SUB-SUPERFICIAL NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHORUME POR LODOS ATIVADOS**

**Camille Ferreira Mannarino**

Mestre em Engenharia Ambiental - Programa de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – PEAMB/UERJ  
Engenheira Civil – Ênfase em Eng. Sanitária e Ambiental – FEN/UERJ

**Juacyara Carbonelli Campos <sup>(1)</sup>**

Professora Visitante do Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ.  
D.Sc. em Engenharia Química- Tecnologia Ambiental – PEQ/COPPE/UFRJ.  
Engenheira Química – Escola de Química - UFRJ

**João Alberto Ferreira**

Coordenador do Programa de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – PEAMB/UERJ  
Professor Adjunto do Depto. de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ.  
D.Sc. em Saúde Pública pela ENSP- Fundação Oswaldo Cruz e M.Sc em Engenharia Ambiental pelo Manhattan College (New York-USA).

**Elisabeth Ritter**

Sub-chefe do Depto. Eng<sup>a</sup>. Sanitária e Meio Ambiente (UERJ) e Vice-Coordenadora do Programa de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – PEAMB/UERJ  
Chefe do Laboratório de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (UERJ)  
Professora Adjunta do Depto de Eng. Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ  
D.Sc. em Engenharia Civil – PEC/COPPE/UFRJ e M.Sc. em Engenharia Civil – PUC/RJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Francisco Xavier, 524 sala 5029-F Prédio João Lira Filho – Maracanã - 20550-900 – Rio de Janeiro-RJ. Tel. (21)2587-7743

**e-mail** [juacyara@eng.uerj.br](mailto:juacyara@eng.uerj.br)

#### **RESUMO**

A destinação final de lixo ainda é um dos principais problemas do saneamento ambiental no Brasil. Mais de 70% de todos os resíduos sólidos urbanos produzidos têm vazadouros a céu aberto como destino. O controle da poluição causada por esses depósitos inadequados passa, sobretudo, pelo tratamento do chorume, líquido percolado através da massa de lixo. *Wetlands* construídos têm se mostrado como alternativas eficientes na remoção de poluentes de chorumes, com baixos custos de implantação e operação. O tratamento constitui-se de leitos de plantas aquáticas, onde ocorrem simultaneamente processos físicos, químicos e biológicos. O presente trabalho analisa o uso de *wetland* sub-superficial no tratamento do chorume efluente do processo de tratamento por lodos ativados no Aterro Metropolitano de Gramacho. O aterro de Gramacho recebe aproximadamente 8000 toneladas de resíduos urbanos por dia, de toda a região metropolitana do Rio de Janeiro. São apresentados os resultados do monitoramento do efluente do *wetland* num período de seis meses de observação, no sentido de adequá-lo aos padrões de lançamento de efluentes exigidos pelo órgão ambiental e de promover uma comparação com os valores obtidos pelo tratamento terciário em operação, que utiliza sistemas de nanofiltração.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Wetlands* Construídos, Tratamento de Chorume, Evapotranspiração, Aterro Metropolitano de Gramacho.

## INTRODUÇÃO

O Aterro Metropolitano de Gramacho está localizada no Município de Duque de Caxias junto à Baía de Guanabara, sendo a maior parte localizada em área de manguezal. Com o objetivo de transformar o vazadouro a céu aberto de Gramacho em Aterro Sanitário Metropolitano Gramacho, a Prefeitura do Município do Rio de Janeiro, através da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), realizou uma série de interferências nesta área. Estas interferências visavam adequar o aterro às diretrizes técnicas e sanitárias do órgão fiscalizador estadual (FEEMA), voltadas para a preservação ambiental. Entre as várias ações realizadas, destacam-se as atividades realizadas com o objetivo do tratamento do chorume gerado pelo aterro (Figura 1). Em janeiro de 2000 foi inaugurada a Estação de Tratamento de Chorume, cuja seqüência final adotada foi a que apresentou melhor eficiência de remoção de matéria orgânica, medida por DBO e DQO, e dos demais materiais tóxicos, como por exemplo o nitrogênio amoniacal. O processo final proposto foi composto das seguintes etapas: etapa preliminar (lagoa de equalização, peneira e tanque de homogeneização aerado); etapa primária (coagulação química com adição de cal, tanque clarificador primário, e correção de pH); etapa secundária (lodos ativados); etapa terciária (membrana de nanofiltração) (Giordano et al., 2002).

O presente trabalho tem como objetivo a análise da eficiência na remoção de poluentes e de percentuais de evapotranspiração de um *wetland* sub-superficial construído para o tratamento de uma parte do chorume efluente do processo de lodos ativados da Estação de Tratamento de Chorume no Aterro Metropolitano de Gramacho. A implantação de sistemas de *wetlands* no aterro foi realizada com o objetivo de estudar uma alternativa de tratamento que pudesse ser inserido no sistema vigente.



**Figura 1. Aterro Metropolitano de Gramacho. Em destaque: Baía de Guanabara, Rios Sarapuí e Iguaçu, Estação de Tratamento de Chorume e Lagoa de Equalização de Chorume.**

Os *wetlands* construídos, simulando sistemas naturais formados por leitos de plantas aquáticas, podem se caracterizar como alternativas de tratamento que viabilizem a redução do impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos. As plantas aquáticas têm relativa resistência a salinidades elevadas, característica de chorumes de aterros sanitários, e, em diversos estudos, apresentam bons resultados de remoção de sólidos em suspensão, amônia e carga orgânica.

Deve-se destacar a pouca experiência acumulada no Brasil com estes tipos de sistemas, o que torna relevante o acompanhamento, realizado por seis meses, da performance dos mesmos para que se tenha a certeza de que se constituem em alternativas eficazes no tratamento de chorume.

Ainda vale enfatizar o aspecto do baixo custo de implantação de tais sistemas e a pequena demanda técnica para sua operação, sendo bastante adequados às condições da maioria dos municípios brasileiros, de forma geral carentes de recursos e de corpo técnico especializado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto original do *wetland* foi desenvolvido por Pires (2002) e consiste no plantio de uma gramínea presente em ilhotas que se desenvolveram na lagoa de acumulação da estação de tratamento (Figura 2). As Figuras 3 e 4 mostram o plantio da gramínea e o sistema de alimentação do *wetland*. Inicialmente, as plantas passaram por uma adaptação e crescimento. O sistema operou com um tempo de retenção de 8-10 dias. A Figura 5 ilustra o *wetland* com a gramínea já desenvolvida.

Os *wetlands* foram implantados em um espaço reservado, de acordo com o projeto inicial da Estação de Tratamento de Chorume, para duas lagoas de polimento após o decantador secundário, as quais tiveram seus usos suspensos por não demonstrarem a eficiência esperada. Desta maneira, os espaços ocupados previamente pelas lagoas, com volumes de 83m<sup>3</sup> e 116m<sup>3</sup>, foram preparados para a implantação dos *wetlands*, como descrito detalhadamente em Pires (2002). Os tanques têm formato de troncos de pirâmides com bases retangulares. Na menor lagoa, as dimensões das bases medidas foram de 13x7m e 10x4m e a altura medida de 1,30m. Na maior lagoa, as bases têm 13x8m e 10x5,5m e a altura, 1,50m, de acordo com as medições realizadas no local.

Os tanques foram inicialmente impermeabilizados com geomembranas de PEAD de 2mm de espessura. Em função da profundidade inadequada para esse experimento, os tanques foram preenchidos com argila e pedras, que formam também um leito para a fixação da vegetação. A argila tem ainda o objetivo de proteger a geomembrana e as pedras, de facilitar a drenagem do percolado, uma vez que se adotou o uso de sistemas onde a lâmina d'água não fica exposta, isto é, *wetlands* sub-superficiais. Foi definida a colocação de uma camada de argila compactada com 0,50m de espessura para o tanque de menor volume e uma de 0,60m para o de maior volume. Os volumes utilizados de argila foram de 41,0m<sup>3</sup> e 58,0m<sup>3</sup>, respectivamente. A camada de pedras deveria atingir o extravasor de cada tanque. Foi distribuído, então, rachão (pedras com diâmetros variando entre 15 e 30cm) numa altura de 0,50m no tanque menor e de 0,60m no tanque maior, ocupando volumes de 31m<sup>3</sup> e 38m<sup>3</sup> (Pires *et al.*, 2003).

As análises das amostras coletadas na entrada e na saída do *wetland* foram realizadas no Laboratório de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente (LES/UERJ). As análises foram realizadas de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, publicado em conjunto por AWWA, WPCF e APHA (1998).



**Figura 2. Ilhota de gramínea na margem da lagoa de estabilização.**



**Figura 3. Plantio da gramínea no *wetland*.**



**Figura 4 . Sistema de alimentação do chorume no *wetland*.**



**Figura 5 – *Wetland* plantado com gramínea.**

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

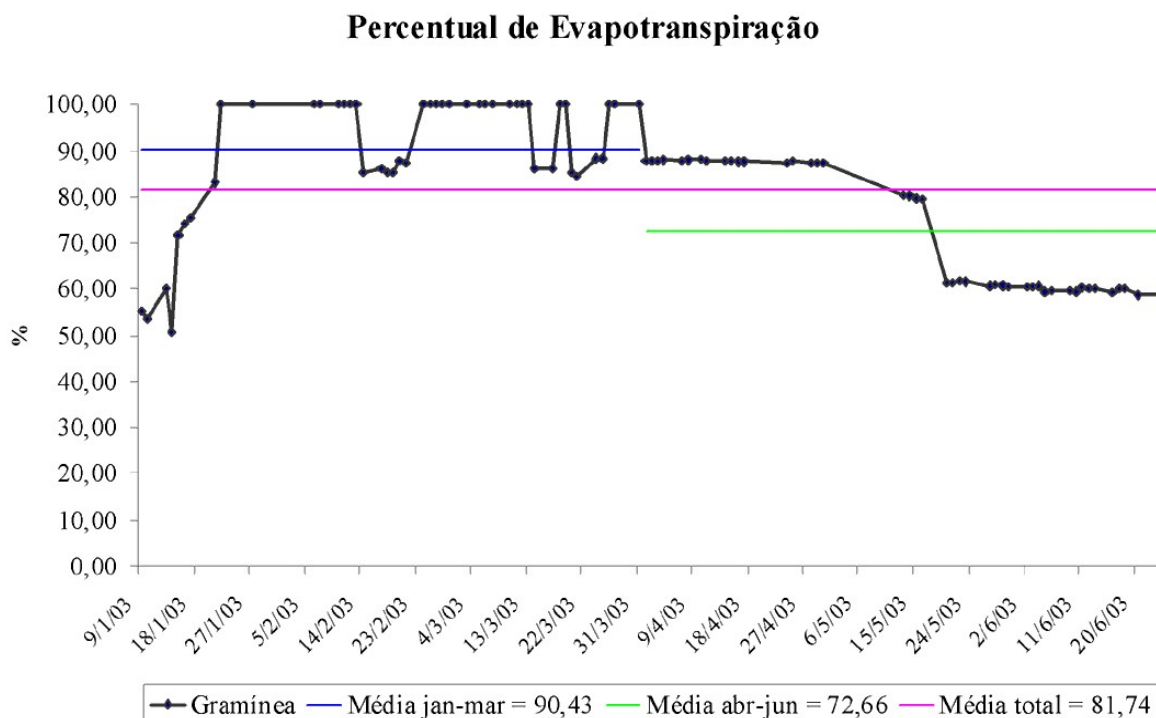
### **Resultados de Balanço Hídrico: Evapotranspiração**

Os percentuais de redução da vazão por evapotranspiração são mostrados na Figura 6. Promovendo uma comparação das vazões obtidas na entrada e na saída do *wetland* plantado com gramínea, se faz notável a redução entre seus valores. Tal redução é devido essencialmente à evaporação da água interceptada pelas folhas dos vegetais e diretamente a partir da superfície mineral do solo, função da ação da incidência solar, a qual fornece energia para manter o processo de evaporação líquida (Soares, 2000). Deve ser lembrado que a parcela de evaporação que ocorre nas superfícies livres de água não é significativa no *wetland* trabalhado uma vez em que ele é operado com fluxo sub-superficial. A transpiração realizada pela vegetação ali existente, ou seja, a evaporação d'água das células vivas dos tecidos vegetais, através dos estômatos (poros de respiração das plantas) também contribui para a perda de líquido no *wetland* (Soares, 2000).

A redução média da vazão entre a entrada e a saída do *wetland*, em seis meses de observação, foi na ordem de 80%. Isso significa dizer que, apenas 20% do percolado que entra no *wetland* sai como efluente a ser descartado diretamente num corpo receptor ou a seguir para uma próxima etapa de tratamento.

Se tomados apenas os meses de verão, de janeiro a março, onde as temperaturas são bastantes elevadas na região, observa-se uma redução de vazões ainda maior, na ordem de 90%, que é deslocada para a ordem de 70% nos meses de abril a junho. Nos meses de verão, houve ainda períodos de mais de dez dias sequenciais em que toda a alimentação do *wetland* foi consumida pelo processo de evapotranspiração, não ocorrendo saída de efluente.

Há que se ressaltar ainda que, nesses três primeiros meses do ano, a incidência de chuvas é bastante freqüente. A evapotranspiração real, nesses dias, é ainda maior do que a medida pela diferença de vazões de entrada e saída do *wetland*, pois, desta forma, não está se considerando a vazão adicional causada pela chuva.



**Figuras 6. Percentuais de evapotranspiração no *wetland*.**

Dados comparativos relativos à evaporação de chorume são de difícil obtenção na literatura. Campos et al. (2002) apresentaram um experimento desenvolvido no Aterro Sanitário de Pirai (RJ) onde foram montados *wetlands* em pequena escala, em vasos contendo taboa e uma gramínea encontrada na região do aterro além de um vaso contendo apenas solo, alimentados em batelada com chorume e com água, em diferentes configurações. O estudo apontou para o fato de que as perdas de líquido por evapotranspiração nos *wetlands* são significativamente maiores do que aquelas decorrentes da simples evaporação do chorume. Dessa forma, pode-se fazer a analogia de que uma lagoa de polimento implantada no aterro de Gramacho não apresentaria percentuais de evaporação tão elevados quanto os de evapotranspiração obtidos no *wetland* estudado no presente trabalho.

### Resultados de Remoção de Poluentes

Analisando-se a remoção de poluentes em termos de carga poluidora, é considerado o efeito de redução de volume do percolado afluente ao *wetland* em relação ao seu efluente. A remoção percentual de cada poluente é obtida por um balanço de massa entre a sua concentração e a vazão correspondente em cada ponto considerado.

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os valores de redução, em carga, do potencial poluidor dos parâmetros DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), SST (Sólidos Suspensos Voláteis) e  $\text{N-NH}_4^+$  (nitrogênio amoniacal), considerando-se, respectivamente, só o *wetland* plantado com gramínea e o sistema composto pelo tratamento biológico por lodos ativados seguido do *wetland*. Vale lembrar que as vazões de saída do *wetland* contendo gramínea correspondem, em média, a 20% das de entrada, em valores absolutos.

Para o cálculo da remoção de poluentes no sistema composto, foram supostas a vazão de entrada de chorume bruto na estação igual à vazão de entrada no *wetland* e a ausência de perdas por evaporação ao longo do tratamento biológico, isto é, essencialmente, no tanque de aeração e nos decantadores. Tais hipóteses se justificam pelo fato de que apenas uma parte do chorume tratado é desviada para alimentação dos *wetlands* e por não haver interesse na majoração dos percentuais de remoção, se consideradas perdas anteriores ao *wetland*. Assim, a mesma relação entre as vazões de saída e de entrada, encontrada para o *wetland* isoladamente, foi utilizada para o sistema.

**Tabela 1– Remoção de poluentes em termos de carga poluidora no *wetland*.**

|                                     | (1)            | (2)          | (3)          | (4)                 | Redução em Massa (%) |
|-------------------------------------|----------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------|
|                                     | Entrada (mg/L) | (1) x 20000L | Saída (mg/L) | (2) x 0,20 x 20000L | (2) - (4) / (2)      |
| <b>DQO</b>                          | 2154,78        | 43095633,33  | 1474,46      | 5897836,67          | 86,31                |
| <b>DBO</b>                          | 220,69         | 4413714,29   | 147,86       | 591428,57           | 86,60                |
| <b>SST</b>                          | 511,67         | 10233333,33  | 146,17       | 584666,67           | 94,29                |
| <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | 370,92         | 7418300,00   | 203,05       | 812180,00           | 89,05                |

(1) Média dos valores de entrada no *wetland* com gramínea

(2) Média dos valores de entrada no *wetland* com gramínea multiplicada pelo volume do *wetland*

(3) Média dos valores de saída no *wetland* com gramínea

(4) Média dos valores de saída no *wetland* com gramínea multiplicada pelo % da vazão de saída em relação à de entrada e pelo volume do *wetland*

**Tabela 2 – Remoção de poluentes em termos de carga poluidora no sistema composto pelo tratamento biológico seguido do *wetland*.**

|                                     | (1)            | (2)          | (3)          | (4)                 | Redução em Massa (%) |
|-------------------------------------|----------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------|
|                                     | Entrada (mg/L) | (1) x 20000L | Saída (mg/L) | (2) x 0,20 x 20000L | (2) - (4) / (2)      |
| <b>DQO</b>                          | 4114,29        | 82285714,29  | 1474,46      | 5897836,67          | 92,83                |
| <b>DBO</b>                          | 617,14         | 12342857,14  | 147,86       | 591428,57           | 95,21                |
| <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | 1647,14        | 32942857,14  | 203,05       | 812180,00           | 97,53                |

(1) Média dos valores do chorume bruto

(2) Média dos valores do chorume bruto multiplicada pelo volume do *wetland*

(3) Média dos valores de saída no *wetland* com gramínea

(4) Média dos valores de saída no *wetland* com gramínea multiplicada pelo % da vazão de saída em relação à de entrada e pelo volume do *wetland*

Depois de realizadas as correções devido ao balanço hídrico, as eficiências de remoção de matéria orgânica e amônia mostram-se bastante elevadas, tanto no *wetland* isoladamente como no sistema total, englobando tratamento biológico mais *wetland*.

O percentual de remoção de DBO no *wetland*, na ordem de 86%, é bastante satisfatório se comparado aos valores obtidos por Schawartz et al (1998), DeBusk (1998) e Eckhardt et al (1998), entre 61%, com 25 dias de residência e 95%, com 74 dias de residência, considerando que o *wetland* estudado em Gramacho opera com 9 dias de residência.

Para a amônia, a redução em carga de 89% é muito próxima das apresentadas por Schawartz et al (1998), 83% em 25 dias de residência do chorume, e Eckhardt et al (1998), 91% em 74 dias de residência.

Apesar de os padrões de lançamento exigidos serem pautados em termos de concentrações de poluentes, há que se ressaltar que os impactos reais causados no meio ambiente são sensivelmente mais influenciados pelas cargas de poluentes lançadas. Menores concentrações presentes em descartes com grandes volumes podem ser muito mais danosas ao meio do que maiores concentrações presentes em descartes com pequenos volumes, num mesmo intervalo de tempo e nas mesmas condições ambientais.

Ainda no sentido de avaliar as possibilidades de utilização de *wetlands* no tratamento do chorume do aterro de Gramacho, buscou-se estabelecer comparações entre a eficiência de remoção dos principais poluentes controlados pela legislação, por parte do *wetland* plantado com gramínea em estudo (Tabela 3) e da etapa de tratamento terciário da estação de tratamento de chorume (Tabela 4). É importante reiterar que o percolado que alimenta o *wetland* é o mesmo que segue para o tratamento terciário, onde passa por filtração em filtro de areia e em membranas de nanofiltração.

O volume permeado nas três unidades de nanofiltração em operação têm sido, em média, 60% do volume de alimentação das mesmas, retornando os outros 40%, como rejeito, ao início do tratamento secundário da estação (Giordano et al, 2002).

**Tabela 3. Remoção de poluentes em termos de carga poluidora na etapa de tratamento terciário da estação de tratamento de chorume.**

|                                     | (1)            | (2)          | (3)        | Redução em Carga (%)    |
|-------------------------------------|----------------|--------------|------------|-------------------------|
|                                     | Entrada (mg/L) | Saída (mg/L) | (2) x 0,60 | [(1) - (3) / (1)] x 100 |
| <b>DQO</b>                          | 2154,78        | 340,00       | 204,00     | 90,53                   |
| <b>DBO</b>                          | 220,69         | 15,50        | 9,30       | 95,79                   |
| <b>SST</b>                          | 511,67         | 3,00         | 1,80       | 99,65                   |
| <b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | 370,92         | 358,67       | 215,20     | 41,98                   |

(1) Média dos valores de entrada no tratamento terciário.

(2) Média dos valores de saída na unidade de nanofiltração.

(3) Média dos valores de saída na unidade de nanofiltração multiplicada pela razão da vazão de saída em relação à de entrada.

Os valores de remoção, em carga, de DQO e de sólidos suspensos totais alcançados pelo *wetland* são bastante próximos aos da etapa terciária de tratamento, com diferenças na ordem de 5% a menos de remoção. Para a DBO, a remoção em carga nos sistemas de filtração foi aproximadamente 10% maior do que no *wetland*. Em relação ao nitrogênio amoniacal, a redução desse parâmetro, em carga, no *wetland*, foi mais que o dobro da obtida no tratamento terciário, sendo a concentração média nos efluentes também maior nesse último tratamento.

Ressalta-se ainda que, além de o *wetland* lançar no meio carga de nitrogênio amoniacal que representa menos da metade daquela lançada pelo sistema de nanofiltração, neste último tratamento ainda é gerada uma corrente concentrada correspondente ao rejeito do processo de filtração, que ainda deve ser tratada.

## CONCLUSÕES

O sistema de *wetlands* implantado no Aterro Metropolitano de Gramacho permitiu avaliar o seu potencial de utilização para tratamento de chorume efluente da etapa de tratamento biológico por lodos ativados, no próprio aterro, e ainda identificar facilidades e dificuldades operacionais relativas ao tratamento proposto (Mannarino, 2003), o que consolida uma fonte de referências para outras experiências.

Deve ser lembrado que o chorume produzido no aterro de Gramacho possui características particulares, como elevados índices de materiais orgânicos recalcitrantes, amônia e sais, além de grandes variações na sua composição. Tais características devem-se sobretudo à influência sofrida pelos resíduos industriais recebidos no aterro por mais de quinze anos, ao longo tempo de retenção do percolado no aterro e à prática adotada de recirculação do chorume (Giordano et al, 2002 e Pires, 2002).

O *wetland* plantado com a gramínea retirada da lagoa de estabilização da estação de tratamento de chorume mostrou-se bastante resistente às variações de qualidade sofridas pelo chorume do aterro de Gramacho.

As dificuldades iniciais de controle e medição de vazão foram conseqüências das características do efluente a ser tratado, que apresenta significativa concentração de materiais sólidos, e dos volumes reduzidos estabelecidos para trabalho. Tais dificuldades foram bem contornadas através de pequenas modificações nos registros então empregados e de desenvolvimento de nova metodologia para aferição de vazões, sem contudo implicar em uso de tecnologias complexas ou dispendiosas.

Os custos de operação e manutenção do *wetland* foram muito reduzidos comparados aos da estação de tratamento de chorume existente no aterro. Toda a energia elétrica consumida resume-se à alimentação de uma bomba, por poucas

horas do dia, para enchimento das caixas de acumulação do efluente do sistema biológico. Custos adicionais de operação referem-se somente a um operador responsável pela aferição das vazões e por eventuais serviços de manutenção.

A avaliação de redução de vazão entre a entrada e a saída do *wetland* plantado com gramínea forneceu valores médios, para os seis meses de observação, na ordem de 80%, que se elevaram para 90% nos meses de janeiro a março, quando as temperaturas foram bastantes elevadas na região. O efluente a ser descartado diretamente num corpo receptor ou a seguir para uma próxima etapa de tratamento torna-se muito diminuto em relação ao que deveria ser manejado na ausência do *wetland*. Considerando-se apenas o seu potencial de redução de vazões, o sistema de *wetland* implantado já se mostra como uma boa alternativa no tratamento de chorume de aterros sanitários, sobretudo em regiões de clima tropical, onde as elevadas temperaturas potencializam os efeitos da evapotranspiração

Considerando o efeito de redução de volume do percolado e analisando a remoção de poluentes através de cálculos de balanço de massa, a carga de matéria orgânica, em termos de DQO e DBO, é 86% menor na saída do *wetland* do que em sua entrada. A mesma relação para sólidos suspensos totais é de 94% e 89% para amônia. A remoções, em carga poluidora, para o sistema composto são de 93% e 95% para DQO e DBO e 97% e 80% para amônia e cloretos, respectivamente.

Embora a eficiência do sistema composto pelo tratamento biológico seguido do *wetland* não atenda plenamente aos limites fixados pela legislação, em termos de concentração de poluentes, a carga de poluição a ser lançada no meio é bastante reduzida, devido aos pequenos volumes efluentes ao *wetland*.

Comparando-se os valores de remoção de poluentes, consideradas as reduções respectivas de vazão, entre o *wetland* e a unidade de tratamento terciário da estação de tratamento de chorume, obtêm-se valores próximos para carga orgânica e de sólidos suspensos. Para nitrogênio amoniacal, a remoção no *wetland* foi mais do que o dobro da obtida nos processos de filtração.

O trabalho desenvolvido ratifica experiências mundiais de que *wetlands* construídos em aterros onde exista disponibilidade de área para a sua instalação são alternativas eficientes, de baixo custo de implantação e operação, para integrarem sistemas de tratamento de chorume. E, sobretudo, mostram-se compatíveis com a realidade técnica e econômica da maioria dos municípios brasileiros.

## AGRADECIMENTOS

À COMLURB, pela realização dos experimentos no Aterro Metropolitano de Gramacho.

Ao Laboratório de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente (LES/UERJ) e à TECMA (Tecnologia em Meio Ambiente) pela realização das análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, New York, 1998.
2. CAMPOS, J.C.i, FERREIRA, J.A., MANNARINO, C. F., SILVA, H. R., BORBA, S.M.P. Tratamento do Chorume do Aterro Sanitário de Pirai (RJ) utilizando *Wetlands*: VI SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002, Anais, Vitória, ES, 2002.
3. DEBUSK, W.F. Evaluation of a Constructed *Wetland* for Treatment of Leachate at a Municipal Landfill in Northwest Florida: CONSTRUCTED *WETLANDS* FOR THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATES. MULAMOOTTIL, George; MC BEAN, Edward A.; ROVERS, Frank (Org.). Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, p. 175 – 186, 1998.
4. ECKHARDT, D.A.V., SURFACE, J.M., PEVERLY, J.H. A Constructed *Wetland* System for Treatment of Landfill Leachate, Monroe County, New York: CONSTRUCTED *WETLANDS* FOR THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATES. MULAMOOTTIL, George; MC BEAN, Edward A.; ROVERS, Frank (Org.). Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, p. 205 – 222, 1998.
5. GIORDANO, G., PIRES, J.C.A, FERREIRA, J.A, RITTER, E., CAMPOS, J.C., ROSSO, T.C.A. Tratamento do Chorume do Aterro Metropolitano de Gramacho –Rio de Janeiro – Brasil. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002. Anais, Cancún, México. 2002.
6. MANNARINO, C.F., Uso de *wetland* sub-superficial no tratamento de efluente de estação de tratamento de

- chorume por lodos ativados. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
7. PIRES, J. C. A. Projeto de Tratamento do Chorume Produzido no Aterro Metropolitano de Gramacho Através de *Wetland*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.
  8. PIRES, J.C.A, FERREIRA, J.A, RITTER, E., CAMPOS, J.C., MANNARINO, C.F. projeto experimental de tratamento do chorume produzido no Aterro Metropolitano de Gramacho através de *wetland*.: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2003. Anais, Joinville SC, 2003.
  9. SCHAWARTZ, L.N., WISEMAN, L.P., MELEAR, E.L. Leachate *Wetland* Treatment System in Orange Country, Florida:: CONSTRUCTED *WETLANDS* FOR THE TREATMENT OF LANDFILL LEACHATES. MULAMOOTIL, George; MC BEAN, Edward A.; ROVERS, Frank (Org.). Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, p. 99 – 140 1998.
  10. SOARES, J.V.. Introdução a Hidrologia de Florestas. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.