



II-521 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS WETLANDS NO TRATAMENTO DE ESGOTOS *IN NATURA*

Daniella Costa Faria

Mestrandas do Curso Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins

Rejane Freitas Benevides

Mestrandas do Curso Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins

Raquel Aparecida Mendes Lima

Mestrandas do Curso Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins

Liliana Pena Naval⁽¹⁾

Professora do Curso Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas, Laboratório de Saneamento Ambiental, ALCNO 14 NS 15 s/n, Bloco 4, sala 101, Palmas –Tocantins.CEP: 77.020-210

RESUMO

Este trabalho relata o desempenho de dois sistemas *wetland*, em unidade experimental, operados com esgoto *in natura*, sendo um vegetado com *Eicchornia crassipes* (Aguapé) e o outro desprovido de vegetação. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas de acordo com APHA (1998). O experimento apresentou uma elevada eficiência na remoção de material carbonáceo e dos nutrientes. O *wetland* vegetado apresentou maior eficiência na redução de coliformes totais e termotolerantes, quando comparado ao *wetland* não vegetado. No entanto a análise de variância confirma que não há diferença significativa em relação à redução de coliformes entre um e outro.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de esgoto, *Wetland*, Aguapé.

INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações de ambientalistas do mundo está centrada no tratamento de águas residuárias. Muito tem se dedicado a pesquisa no âmbito de tratamentos o mais próximo possível da realidade natural ambiental e um dos motivos que tem favorecido essa busca são os custos elevados dos tratamentos convencionais de esgoto.

Os sistemas naturais de tratamento de águas residuárias, também conhecidos como *wetlands* apresentam algumas características, que os têm colocado em posição vantajosa, tais como: são sistemas simples em sua composição, na sua maioria não mecanizados, têm baixo custo de implantação e manutenção, são fáceis de gerenciamento e podem ser incorporados à paisagem local.

Costa (2003, p. 05 e 06) relata que o tratamento secundário ou terciário de esgotos com “wetlands” construídos tem promovido efluentes finais de boa qualidade, tornando possível seu lançamento em corpos d'água ou a sua reutilização para fins não considerados nobres: irrigação restrita, por exemplo. Sousa et al. (2001, p. 02) cita que a eficiência de remoção de nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, em sistemas “wetland” é satisfatória, no entanto, após certo tempo de operação ocorre decaimento substancial dessa eficiência.

Sousa et al. (2004, p. 290) estudaram durante três anos o sistemas de wetlands no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB, onde avaliaram a eficiência do mesmo, comparando a utilização de sistema vegetado e não vegetado. No primeiro ano de monitoramento, foi constatado que a eficiência da remoção de nutrientes foi satisfatória (60 e 80% de nitrogênio e fósforo, respectivamente), provavelmente devido aos fenômenos de adsorção, complexação e precipitação das formas de fósforo e da acumulação de lodo nas frações dos vazios da areia. A partir do segundo ano, observou-se um significativo decaimento da remoção de fósforo, fenômeno que, provavelmente, resulta da saturação do meio por fósforo. Com relação ao decaimento da eficiência do nitrogênio, presumiu-se que ocorreu em decorrência do envelhecimento das plantas aquáticas, no momento em que se deu a estabilização da necessidade de nutrientes. No que diz respeito a eficiência da remoção de matéria carbonácea, expressa como DQO, nos três anos de monitoramento, variou



de 70 a 86% não se observando diferenças significativas entre os sistemas *wetland* vegetados e o não vegetado. Vale ressaltar que o *wetland* vegetado apresentou maior eficiência para a redução de coliformes termotolerantes ao ser comparado com o *wetland* não vegetado, ambos operados com a mesma carga hidráulica.

Diante disso, torna-se fundamental estudos utilizando wetlands, uma vez pesquisas têm revelado a grande necessidade de se aprofundar no conhecimento dos mecanismos que são desenvolvidos neste sistema, não existindo ainda parâmetros suficientes que expliquem o comportamento do mesmo. Assim, o aprofundamento dos conhecimentos científicos poderá permitir o aperfeiçoamento do sistema, podendo, muitas vezes maximizar a sua eficiência.

Uma maneira de verificar a eficiência desse sistema e aprimorar a prática laboratorial foi colocar em prática esse modelo de tratamento de águas residuárias.

A turma de mestrandos em Ciências do Ambiente/ 2008, da Universidade Federal do Tocantins, como parte da exigência da disciplina de Poluição Ambiental, conduziu o experimento *wetlands*, desde a sua montagem até o seu monitoramento durante aproximadamente um mês. A turma dividiu-se em duas equipes, de três componentes cada, realizando monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos, semanalmente. O sistema foi montado em forma de batelada, o qual foi composto por duas bacias, uma como testemunha, segunda com aguapé.

O objetivo principal foi estudar o desempenho de dois sistemas de “Wetlands” tratando esgoto bruto da ETE Brejo Comprido, Palmas – TO, sendo o primeiro não vegetado tido como controle, o segundo, utilizando o aguapé como vegetação, comparando-os em relação à remoção de nitrogênio, de fósforo, de sólidos e de coliformes fecais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Tocantins, por um período de aproximadamente 30 dias, onde foram montados 2 sistemas de wetlands sub-superficial. O primeiro foi montado sem vegetação, considerado como testemunha e o segundo vegetado com *Eichhornia crassipes* (Figura 01 e 02). Esta planta recebe diferentes nomes, sendo conhecida como aguapé, baronesa, mururé, pavoá, rainha do lago, uapé e uapê. Pesquisas têm revelado o grande potencial de resistência dessa planta, no que diz respeito a águas altamente poluídas com grandes variações de nutrientes, pH, substâncias tóxicas, metais pesados e variações de temperatura.

Como meio suporte, utilizou-se brita e areia. Os dois sistemas foram alimentados com esgoto bruto coletado na Estação de Tratamento de Esgoto Brejo Comprido, Palmas – TO, com características de um sistema em forma de batelada.



Figura 03 - Vista frontal do experimento.



Figura 04 - Vista superior do experimento.



O monitoramento do experimento foi realizado durante o mês de junho, com frequência semanal, onde foram realizadas análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, conforme metodologia preconizada no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1998).

A tabela 01 apresenta os parâmetros e as técnicas que foram utilizadas nas análises das amostras coletadas.

Tabela 01 - Parâmetros analisados, técnica e metodologia.

PARÂMETRO	TÉCNICA	METODOLOGIA
pH	Leitura Direta	APHA (1998)
Turbidez NTU	Leitura Direta	APHA (1998)
Nitrito (NO_2^-) mg/ L	Espectrofotometria Visível	APHA (1998)
Nitrato (NO_3^-) mg/ L	Espectrofotometria Visível	APHA (1998)
Amônia (NH_4^+) mg/ L	Espectrofotometria Visível	APHA (1998)
Fosfato (PO_4^{3-}) mg/ L	Espectrofotometria Visível	APHA (1998)
DBO mg/ L	Método Eletrométrico	APHA (1998)
DQO mg/ L	Método Eletrométrico	APHA (1998)
Sólidos Suspensos Totais mg/ L	Método Gravimétrico	APHA (1998)
Sólidos Suspensos Fixos mg/ L	Método Gravimétrico	APHA (1998)
Sólidos Suspensos Voláteis mg/ L	Método Gravimétrico	APHA (1998)
Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{m}$	Leitura Direta	APHA (1998)
Coliformes Totais NMP/100mL	Tubos Múltiplos	APHA (1998)
Coliformes Termotolerantes NMP/100mL	Tubos Múltiplos	APHA (1998)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análises físico-químicas

Como mencionado na metodologia do trabalho o efluente em estudo é proveniente de uma unidade experimental de wetland, sendo que um experimento não possui vegetação e outro se caracteriza por ser vegetado com *Eicchornia crassipes* (Aguapé). Na Tabela 02 encontram-se os resultados das determinações analíticas para os parâmetros de pH, DBO, DQO, condutividade e turbidez.

Tabela 02 – Resultados das análises físico-químicas.

Efluente	pH	DBO	DQO	Cond.	Turbidez
Analisado	variação	Média (mg/L)	Média (mg/L)	Média (mg/L)	Média (mg/L)
E.B.	6,81-7,72	335	787,5	507,5	598,7
Testemunha	6,83-7,10	240	246,5	414,7	21,5
Aguapé	7,17-7,50	180	352	463,4	36,3

Os valores de pH efluente apresentaram-se próximos à neutralidade, com variação de 6,83-7,10 para o testemunha e de 7,17-7,50 para o aguapé. Segundo Reis *et al.* (2003) para o adequado funcionamento do wetland é necessário que o pH esteja próximo à neutralidade afim de tornar o meio propício à sobrevivência dos microrganismos.

As eficiências de remoção encontradas indicam que uma unidade de tratamento do tipo “Wetland” para esgotos *in natura*, apresenta alta eficiência na remoção da turbidez com porcentagens superiores a 90% tanto para o testemunha como para o aguapé.

A eficiência da remoção de matéria orgânica carbonácea expressa como DQO foi de 68,7% para testemunha e de 55,3% para o aguapé, constatando que a vegetação não teve influência significativa na remoção de matéria orgânica como ilustrado por Souza *et al.* (2004, p. 288).



Tabela 03 – Concentrações de nutrientes.

Efluente Analisado	Nitrito (NO_2^-)	Nitrato (NO_3^-)	Nitrogênio Amoniacal (NH_4^+)	Fosfato (PO_4^{3-})
	Média (mg/L)	Média (mg/L)	Média (mg/L)	Média (mg/L)
E.B.	1,25	47,5	41	12,7
Testemunha	0,052	15	16,7	6,4
Aguapé	0,072	14	19,1	3,3

Na Tabela 03 estão apresentados os resultados da remoção de nutrientes para o sistema em estudo. Verifica-se que, no geral, as remoções de nutrientes foram muito expressivas. No período de avaliação do experimento, houve um aporte médio de 1,25 mg/L de NO_2^- , 47,5 mg/L de NO_3^- , 41 mg/L de NH_4^+ e 12,7 mg/L de PO_4^{3-} ao sistema, via aplicação de água residuária, sendo que, destes totais, 0,052 mg/L de NO_2^- , 15 mg/L de NO_3^- , 16,7 mg/L de NH_4^+ e 6,4 mg/L de PO_4^{3-} foram removidos pelo wetland sem vegetação - testemunha e 0,072 mg/L de NO_2^- , 14 mg/L de NO_3^- , 19,1 mg/L de NH_4^+ e 3,3 mg/L de PO_4^{3-} pelo wetland vegetado com *Eicchornia crassipes*. Estes valores representaram taxas de remoções de: 95,8% de NO_2^- , 68,4% de NO_3^- , 59,3% de NH_4^+ e 49,6% de PO_4^{3-} para o testemunha e de 94,2% de NO_2^- , 70,5% de NO_3^- , 53,4% de NH_4^+ e 74% de PO_4^{3-} para o aguapé estando de acordo com os valores apresentados por Vymazal (2004).

Tabela 04 – Concentrações de sólidos no experimento em estudo.

Efluente Analisado	SST	SSF	SSV
	Média (mg/L)	Média (MG/L)	Média (mg/L)
E.B.	0,3245	0,1515	0,183
Testemunha	0,076	0,019	0,057
Aguapé	0,036	0,02	0,016

Segundo Von Sperling (2005), a concentração de sólidos em suspensão na água é responsável pelo aumento dos teores de turbidez, tornando-a turva. Consequentemente, ocorre a redução da penetração solar e a diminuição da fotossíntese, ocasionando desta forma, um decréscimo nas concentrações de oxigênio dissolvido e um desequilíbrio na biota aquática. Daí a importância de se produzir um efluente com baixas concentrações de sólidos. No presente estudo, ocorreu uma redução de 76,5% de SST no testemunha e de 88,9% de SST no aguapé.

Organismos Patogênicos

Como uma quantidade muito grande de organismos patogênicos pode ser encontrada no esgoto e a maioria das técnicas de identificação além de possuírem custos elevados, são complexas e muitas vezes de longa duração, o estudo adotou o grupo Coliformes Fecais (CF) como indicador da presença destes organismos. Na Tabela 05 encontram os resultados do monitoramento em relação aos organismos patogênicos.

Tabela 05 – Concentrações de organismos patogênicos antes e após ser submetido ao tratamento wetland.

Efluente Analisado	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes
	Média (NMP/100mL)	Média (NMP/100mL)
E.B.	6,66E + 08	1,90E + 08
Testemunha	3,95E + 05	2,40E + 05
Aguapé	2,61E + 04	1,71E + 04

O efluente do sistema não vegetado manteve-se na média de 10^5 NMP/ 100mL, enquanto o vegetado produziu efluente com concentração de coliformes em torno de 10^4 NMP/ 100mL. Essa evidência vem corroborar experiências realizadas por Rivera *et al.* (1995), Sousa *et al.* (2001), que constataram a influência da presença da vegetação na redução de coliformes. Mesmo observada essa redução de coliformes, a análise de variância confirmou que não há diferença significativa ($p > 0,05$) entre o wetland vegetado e o não vegetado.



As remoções de coliformes totais e fecais foram razoáveis, embora as contagens de coliformes termotolerantes no efluente permanecessem acima de 1000NMP/100 mL, valor recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 para os corpos hídricos de classe 2. Os resultados obtidos nesta pesquisa estão condizentes com os reportados em literatura especializada (U.S. EPA, 2008), que afirmam que se conseguem remoções em torno de duas ou três unidades logarítmicas de coliformes fecais em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de esgoto doméstico submetido a tratamento primário.

CONCLUSÕES

Os sistemas “wetlands” funcionaram de forma satisfatória, apresentando uma eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) de 68,7% para testemunha e de 55,3% para o aguapé, enquanto que para nitrogênio amoniacal essa percentagem foi de 59,3% para o wetland sem vegetação e de 53,4% para o vegetado, portanto, pode-se considerá-los eficientes no tratamento de esgotos *in natura*;

O *wetland* vegetado apresentou maior eficiência para a redução de coliformes totais e termotolerantes, ao ser comparado com o *wetland* não vegetado;

A implantação de “Wetland” pode ser considerada como uma gradualização da solução do saneamento, com vistas à melhoria da qualidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
2. COSTA, L. L. et al. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 3, n. 1, 1º semestre, 2003. p. 05 e 06.
3. REIS, J.A.T. dos; MENDONÇA, A.S.F. **Análise dos padrões para compostos amoniacais segundo a resolução CONAMA 20/86**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3 e 4, p.146-154, jul./dez. 2003.
4. RIVERA, F.; WARREN, A.; CURDS, C. R.; ROBLES, E.; GUTIERREZ, A.; GALLEGOS, E.; CALDERÓN, A. **The application of the root zone method for the treatment and reuse of high-strength abattoir waste in Mexico**. Water Science and Technology, London, v.35, n.5, p.270-278, 1995.
5. SOUSA, José Tavares et al. Comparação entre sistemas wetlands tratando efluente anaeróbio. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, João Pessoa/PB. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. p. 02.
6. SOUSA, José Tavares et al. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. **Revista Eng. sanitária ambiental**, v. 9, n.4, out./dez. 2004. p. 285 e 290.
7. SOUSA, Wilson Treger Zydwicz. **Tratamento de efluentes de carcinicultura por dois wetlands artificiais pilotos, com e sem *Spartina alterniflora* – perspectivas de aplicação**. 2003. 22 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Programa de Pós-Graduação em Aquicultura/Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
8. SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 290 p.
9. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow**. EPA 832-F-00-023. Washington, D. C: September, 2000a. <http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/design.pdf> . 09 jul. 2008.
10. Vymazal, J. **Removal of phosphorus via harvesting of emergent vegetation in constructed wetlands for wastewater treatment**. In: International Conference on Waste Stabilisation Ponds, 6, and International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 9, 2004, Avignon. Proceedings. Avignon: IWA/Astee, 2004. CD-Rom.