



II-282 - REMOÇÃO DE OVOS DE HELMINTOS EM WETLANDS CONSTRUÍDAS

Paula Dias Bevilacqua⁽¹⁾

Médica Veterinária (UFV), Especialização em Epidemiologia (UFMG), Mestre em Epidemiologia (UFMG), Doutora em Epidemiologia (UFMG), Professora Associada, Departamento de Veterinária Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Rafael Kopschitz Xavier Bastos

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Associado, Departamento de Engenharia Civil (UFV).

Maria Lúcia Calijuri

Engenheira Civil (USP), Mestre em Geotecnia (USP), Doutora em Geotecnia (USP), Professora Titular, Departamento de Engenharia Civil (UFV).

Raissa Vitareli de Assunção Dias

Graduanda em Ciências Biológicas (UFV).

Luna Gripp Simões Alves

Graduanda em Engenharia Ambiental (UFV).

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Veterinária. Avenida P.H. Rolfs s/n 36570-000 – Viçosa MG – Brasil – [Tel:\(31\)3899-1467](tel:313899-1467) – email: paula@ufv.br

RESUMO

Apresentam-se nesse trabalho os resultados do monitoramento de um sistema de *wetlands* construídas (WC) como pós-tratamento de esgotos sanitários em reator UASB, em termos de remoção de ovos de helmintos. Foram avaliadas quatro unidades *wetlands* WC, em escala piloto, no município de Viçosa-MG, durante o período de novembro de 2006 a agosto de 2007. Foram testadas diferentes configurações, incluindo variações de fluxo (superficial e subsuperficial) e de macrófita cultivada (*Brachiaria arrecta* - braquiária do brejo e *Typha sp.* - taboa). Dentre as condições operacionais testadas (em termos de tempo de detenção hidráulica, comprimento das unidades e taxas de aplicação) as WC mostraram capacidade de amortecimento das variações observadas no efluente do reator UASB, mas não o suficiente para o atendimento de forma consistente à diretriz da Organização Mundial da Saúde para irrigação com esgotos sanitários (< 1 ovo de helmintos por litro). Os resultados sugerem, embora não comprovem, que o fluxo subsuperficial e a cobertura vegetal com braquiária possam favorecer a remoção de ovos de helmintos.

PALAVRAS-CHAVE: tratamento de esgoto, organismos patogênicos, helmintos, wetlands

INTRODUÇÃO

Wetlands construídas (WC) para tratamento de águas residuária são sistemas artificialmente projetados que simulam várzeas naturais, porém com possibilidade de controle do regime hidráulico e do manejo da vegetação, de forma a otimizar o processo de tratamento de esgotos. Constituem-se, basicamente, de canais preenchidos por um meio suporte poroso saturado, com alta condutividade hidráulica (usualmente areia grossa ou brita), o qual dá suporte para o crescimento microbiológico e o cultivo de plantas macrófitas. As WC podem ser classificadas de acordo com o tipo de fluxo, vertical ou horizontal, esse ainda dividido em superficial (FS), ou subsuperficial (FSS) (USEPA, 2000).

Os mecanismos determinantes da remoção de microrganismos em WC incluem fatores físicos, químicos e biológicos, tais como: temperatura, retenção nas raízes das plantas e no biofilme, adsorção à matéria orgânica, sedimentação, predação, competição e morte natural, efeito biocida resultante do material excretado por algumas macrófitas e radiação solar (RIVERA et al., 1995; STOTT et al., 2001; STOTT et al., 2003; KARIM et al., 2004).

Especificamente em relação a ovos de helmintos, Stott et al. (2003) sugerem que, devido ao tempo de detenção hidráulica (TDH) relativamente curto e ao fluxo horizontal, a retenção no sistema meio suporte - raízes -

biofilme talvez seja o principal mecanismo de remoção desses organismos em WC de FSS. Esses autores sugerem ainda que o principal parâmetro regulador da remoção de ovos de helmintos seja o comprimento das WC de FSS, sendo que, no estudo citado, a remoção da maioria dos ovos se deu nos primeiros 25 m, alcançando 91% em 50 m e remoção total em 100 m (TDH < 0,5 dias).

Apesar das informações disponíveis, a compreensão dos mecanismos e da capacidade de remoção de ovos de helmintos em WC ainda não está bem consolidada na literatura e na experiência nacional e internacional. O presente trabalho traz contribuições neste sentido, apresentando resultados do monitoramento de WC em escala piloto, incluindo variações de fluxo (superficial e fluxo subsuperficial) e de macrófita cultivada (*Brachiaria humidicola* e *Typha* sp.).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Unidade Experimental de Tratamento de Esgotos e Utilização de Efluentes da Violeira, situada na cidade de Viçosa-MG, implantada em 2001, no âmbito do Edital 3 do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, financiado pela FINEP) e posteriormente ampliada com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e do CNPq.

A unidade de tratamento era constituída por um reator UASB, em escala real, pré-fabricado em aço ($Q_{med} = 115 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, volume = 48 m^3 , altura = 5,70 m e TDH = 7 h), seguido de um sistema composto por quatro unidades em paralelo de WC em escala piloto (Figura 1). Duas unidades foram operadas com fluxo superficial (W1 e W2) e duas com fluxo subsuperficial (W3 e W4). As *wetlands* foram cultivadas com dois tipos de macrófitas: *Brachiaria arrecta* (braquiária do brejo) e *Typha* sp. (taboa) (Figura 1). Detalhes operacionais do sistema estão apresentados na Tabela 1. Ainda como parte do sistema, havia uma quinta unidade que não foi utilizada nesse experimento.

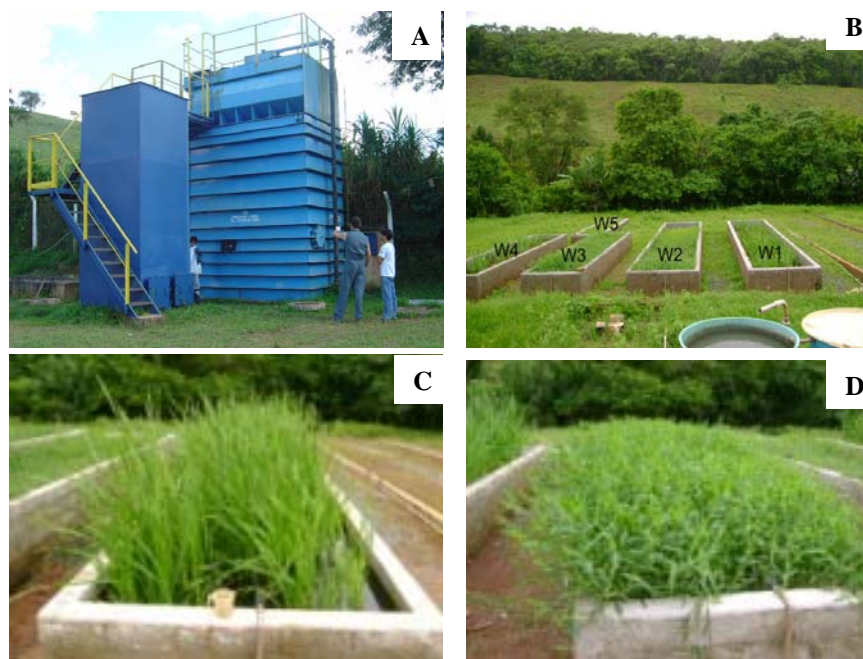


Figura 1: (A) reator UASB; (B) vista geral do sistema de *wetlands* construídas; (C) WC de fluxo superficial cultivada com *Typha* sp.; (D) WC de fluxo subsuperficial cultivada com *Brachiaria arrecta*. Unidade Experimental de Tratamento de Esgotos e Utilização de Efluentes da Violeira, Viçosa-MG.

O meio suporte utilizado em todas as unidades foi uma mescla de britas # 0 e 1. As unidades de FSS foram executadas com altura de meio suporte e lâmina d'água de 0,60 m. Nas unidades de FS foi utilizado meio suporte para o estabelecimento das macrófitas com profundidade de 0,35 m e lâmina d'água de 0,40 m acima do leito de brita. Nas unidades de FSS foi adotada declividade de 0,5% para evitar possíveis problemas de colmatção.



Com vistas a resguardar precisão nos resultados, as vazões afluentes às WC foram medidas e ajustadas três vezes ao dia. As médias dos valores medidos são os correspondentes ao TDH real na Tabela 1

Tabela 1: Características das wetlands construídas, Unidade Integrada de Tratamento de Esgotos e Utilização de Efluentes da Violeira, Viçosa-MG (novembro de 2006 a agosto de 2007).

Parâmetro	W1	W2	W3	W4
Tipo de fluxo	Superficial	Superficial	Subsuperficial	Subsuperficial
Vegetação	<i>Typha sp.</i>	<i>Brachiaria arrecta</i>	<i>Brachiaria arrecta</i>	<i>Typha sp.</i>
Largura (m)	2,0	2,0	1,7	1,7
Comprimento (m)	12,0	12,0	8,6	8,6
As (m ²)	24,0	24,0	14,6	14,6
At (m ²)	NA	NA	1,02	1,02
TDH (d)	4,5	4,5	2,9	2,9
TDH real (d)	6,5	7,0	3,4	3,3
Q (m ³ .d ⁻¹)	1,5	1,5	1,5	1,5
TAS (m ³ .m ⁻² .d ⁻¹)	0,0625	0,0625	0,1027	0,1027
Vf (m ³ .d ⁻¹)	NA	NA	1,47	1,47

As: área superficial; At: área da seção transversal ao fluxo; TDH: tempo de detenção hidráulica; Q: vazão; TAS: taxa de aplicação superficial (Q/As); Vf: velocidade de filtração (Q/At); NA: não se aplica.

O monitoramento do sistema compreendeu a coleta de amostras do afluente e do efluente de cada unidade WC, em frequência próxima à quinzenal. Ao todo, de novembro de 2006 a agosto de 2007, foram analisadas 20 amostras. Para a pesquisa de ovos de helminto foi utilizada a metodologia de Bailenger modificada (AYRES e MARA, 1996). As análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Água da Divisão de Água e Esgotos (DAG UFV).

RESULTADOS

As figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, a variação da concentração de ovos de helmintos nos efluentes do sistema de tratamento e a eficiência média de remoção em cada unidade WC.

As eficiências de remoção variaram entre 79% (W4) e 97% (W3). Para o mesmo tipo de fluxo e TDH (W1 x W2 e W3 x W4), notou-se remoção um pouco mais elevada nas unidades com braquiária (92% na W2 e 97% na W3). Ao se comparar as eficiências alcançadas pelas unidades com a mesma macrófita (W1 x W4 e W2 x W3), percebe-se que as unidades de FSS (W4 – 79% e W3 – 97%), apesar dos comprimentos e TDH menores (TDH em torno da metade), apresentaram eficiências próximas às das de FS (W1 – 84% e W2 – 92%).

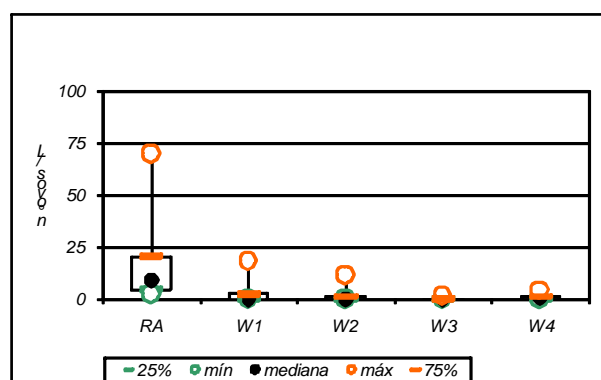


Figura 2: Variação da concentração de ovos de helmintos nos efluentes do sistema de tratamento, (n = 20)

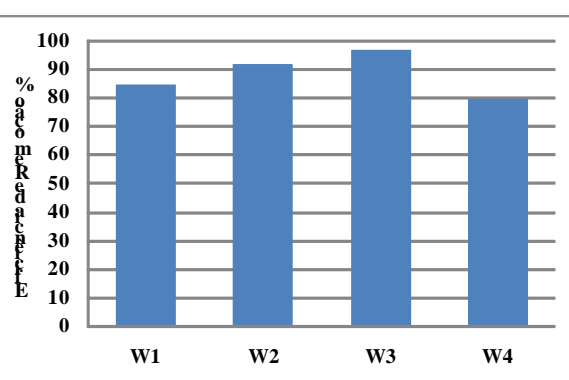


Figura 3: Eficiência média de remoção de ovos de helmintos nas wetlands construídas (n = 20)

Da Figura 2 depreende-se que as WC apresentaram capacidade de amortecimento das variações observadas no efluente do reator UASB. A porcentagens de amostras com níveis não detectáveis de ovos de helmintos nos efluentes foram: W1- 50% (10/20), W2- 55% (11/20), W3- 75% (15/20), W4- 40% (8/20). Ou seja, as

medianas dos valores de ovos de helmintos nos efluentes estiveram sempre próximas de níveis não detectáveis. Entretanto, a detecção de ovos nos efluentes se deu em números relativamente elevados, tal como ilustrado na Tabela 2, onde são registradas limitações no atendimento à diretriz da Organização Mundial da Saúde para irrigação com esgotos sanitários (< 1 ovo por litro), à exceção da W3 (FSS e plantada com braquiária). Em outras palavras, as WC não demonstraram estabilidade na remoção de ovos de helmintos.

Tabela 2: Frequência (%) de resultados com concentração de ovos de helmintos menor que 1 ovo por litro nos efluentes das *wetlands* construídas, janeiro de 2007 a fevereiro de 2008

Efluente	% atendimento (n = 20)
W1	65
W2	65
W3	95
W4	55

Poder-se-ia especular que os tempos de detenção hidráulica experimentados no presente trabalho (2,9 - 4,5 d como parâmetros de projeto, ou 3,4 - 7,0 d como valores reais medidos em campo) tenham sido insuficientes para a efetiva remoção de ovos de helmintos.

Sousa et al. (2005) obtiveram remoção total de ovos de helmintos com TDH de 7 dias, porém utilizando areia lavada como meio suporte. Por outro lado, no já mencionado trabalho de Stott et al (2003), os autores reportam 100% de remoção em WC com TDH $< 0,5$ d (WC cultivadas com *Phragmites australis*, comprimentos de 50 e 100 m, brita como meio suporte) e sugerem que o comprimento das WC e a taxa de aplicação superficial (e nem tanto o TDH) possam estar dentre os principais parâmetros de controle de remoção de ovos de helmintos em unidades de FSS. No estudo citado, as WC com 50 m e $4,4 \times 10^2$ ovos $m^{-2} d^{-1}$, alcançaram remoção de 90%; nas unidades com 100 m e $2,2 \times 10^2$ ovos $m^{-2} d^{-1}$ a remoção foi de 100%. Em outro trabalho, Stott et al. (1999) reportam que a remoção de ovos de helmintos aumenta ao longo do comprimento da WC: com taxa de aplicação de $0,5 - 3,6 \times 10^4$ ovos $m^{-2} d^{-1}$, a maioria dos ovos foi removida nos primeiros 10 -25 m e remoção de 100% foi alcançada no comprimento total (100 m). Para efeito de comparação, no presente trabalho, os comprimentos das WC variaram entre 8,6 - 12 m e a taxa média de aplicação foi de $1,0 \times 10^3$ (FS) a $1,7 \times 10^3$ (FSS) ovos m^{-2} . Ou seja, talvez os comprimentos das WC tenham sido insuficientes e, ou as taxas de aplicação elevadas.

Por fim, ainda que indicado na Tabela 1, mas não explorado neste trabalho, poder-se-ia investigar o efeito da taxa de aplicação sobre a área da seção transversal em WC de fluxo subsuperficial, já que, em tese, esse parâmetro indicaria a 'velocidade de filtração' através do meio suporte.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam, sob as condições operacionais testadas, instabilidade das *wetlands* construídas na remoção de ovos de helmintos.

Foram testadas diferentes configurações, incluindo variações de fluxo e de macrófita cultivada, tendo sido reunidos indícios de que o fluxo subsuperficial e a cobertura vegetal com braquiária possam favorecer a remoção de ovos de helmintos, embora as limitações do presente estudo não permitam tal comprovação.

Sugere-se a continuidade de pesquisas em delineamentos experimentais que permitam melhor compreensão sobre os mecanismos de remoção de ovos de helmintos em WC e aferir a influência de variáveis tais como o tempo de detenção hidráulica, o comprimento das unidades e, ou as taxas de aplicação superficiais e, em unidades de fluxo subsuperficial transversais ao sentido do fluxo.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pela concessão de recursos financeiros e de bolsas de Iniciação Científica que viabilizaram a implementação da unidade experimental e a realização deste trabalho. Ao Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE) de Viçosa-MG, pelo apoio logístico e parceria na realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AYRES, R.; MARA, D.D. *Analysis of wastewater for use in agriculture. A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*. Geneva: WHO, 1996
2. KARIM, M. R.; MANSHADI, F. D.; KARPISCAK, M. M.; GERBA, C. P. The persistence and removal of enteric pathogens in constructed wetlands. *Water Research*, v. 38, n. 7, p. 1831-1837, 2004.
3. STOTT, R.; JENKINS, T., BAHGAT, M.; SHALABY, I. Capacity of constructed wetlands to remove parasite eggs from wastewaters in Egypt. *Water Science and Technology*, v. 40, n. 3, pp.117-123, 1999.
4. STOTT, R., MAY, E., MATSUSHITA, E.; WARREN, A. Protozoan predation as a mechanism for the removal of *Cryptosporidium* oocysts from wastewaters in constructed wetlands. *Water Science and Technology*, v. 44, n. 11-12, p.194-198., 2001.
5. STOTT, R., MAY, E.; MARA, D. D. Parasite removal by natural wastewater treatment. *Water Science and Technology*, v. 48, n. 2, p.97-104., 2003.
6. RIVERA, F.; WARREN, A.; RAMIREZ, E.; DECAMP, O.; BONILLA, P.; GALLEGOS, E.; CALDERÓN, A.; SÁNCHEZ, J. T. Removal of pathogens from wastewaters by the root zone method (RZM). *Water Science and Technology*, v. 32, n.3, p.211-218, 1995.
7. SOUSA, J. T.; van HAANDEL, A. C. V.; CAVALCANTI, P. F. F. ; FIGUEIREDO, A. M. F. Tratamento de esgotos para uso na agricultura do semi-árido nordestino. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 260-265, 2005
8. USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Constructed wetlands treatment of municipal wastewater*. Cincinnati, Ohio - USA: USEPA, 2000, 166p (EPA/625/R-99/010). Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/wetlands/watersheds/cwetlands.html>> Acesso em: 15 fev. 2009.