

USO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE AQÜICULTURA

José Francisco Vicente BIUDES¹

Antonio Fernando Monteiro CAMARGO²

¹*Universidade Estadual Paulista (UNESP - Jaboticabal). Centro de Aqüicultura
(jfvbiudes@gmail.com).*

²*Universidade Estadual Paulista (UNESP - Rio Claro). Departamento de Ecologia.
Laboratório de Ecologia Aquática (afmc@rc.unesp.br).*

INTRODUÇÃO

A aqüicultura é uma atividade importante na produção de alimentos, que proporciona benefícios econômicos e sociais, mas também tem despertado a preocupação de órgãos governamentais, organizações não governamentais e pesquisadores quanto aos impactos ambientais relacionados à atividade, especialmente a produção de efluentes e o seu lançamento sem tratamento em ambientes aquáticos.

Estes efluentes são produzidos para a renovação da água dos viveiros de cultivo e quando os mesmos são drenados (Teichert-Coddington et al., 1999). Este efluente é tipicamente enriquecido em poluentes como nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, material particulado em suspensão e pode conter produtos químicos utilizados no controle de doenças dos organismos cultivados (Lin et al., 2005; Anh et al., 2010). O lançamento de efluentes sem tratamento em ambientes aquáticos pode resultar numa acumulação crônica de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, levando ao processo de eutrofização artificial (Zhang et al., 2006), que provoca mudanças nas condições físicas e químicas dos ambientes aquáticos, alterações quali e quantitativas em comunidades aquáticas e no incremento do nível de produção do ambiente aquático (Tundisi & Tundisi, 2008).

O uso de macrófitas aquáticas é uma alternativa para o tratamento do efluente de aquíicultura. Estes vegetais são utilizados em *wetlands* construídas ou alagados artificiais e apresentam importante papel na remoção de nutrientes do efluente. No presente trabalho serão apresentadas informações sobre o funcionamento e o papel das macrófitas nas *wetlands* construídas, bem como sobre pesquisas recentes referentes ao uso destes sistemas no tratamento de efluentes de aquíicultura.

WETLANDS CONSTRUIDAS

As *wetlands* construídas utilizam processos naturais na remoção de poluentes do efluente. Os principais processos biológicos que regulam as remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a absorção direta pela macrófita, mineralização microbiológica e transformações como desnitrificação e amonificação (USEPA, 2000). A absorção direta ocorre, principalmente, pelo sistema radicular das macrófitas e algumas espécies de macrófitas também absorvem nutrientes por meio das folhas (Esteves, 1998). Os principais processos abióticos que atuam nas remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a sedimentação, precipitação química e adsorção. A sedimentação também é importante na remoção de material particulado do efluente (Uggeti et al., 2010).

Nas *wetlands* construídas as espécies de macrófitas emersas e flutuantes são as mais utilizadas (Kivaisi, 2001). As *wetlands* construídas povoadas com macrófitas emersas necessitam de solo para fixação da planta e podem possuir camadas de brita, cascalho, areia fina e areia grossa abaixo do solo (Lin et al., 2005). Por sua vez, as *wetlands* construídas povoadas com macrófitas flutuantes não necessitam de solo para a fixação da planta. As espécies de macrófitas necessitam de um conjunto de características para contribuírem positivamente no desempenho das *wetlands* construídas: i) rápido estabelecimento e alta taxa

de crescimento; ii) alta capacidade de assimilação de nutrientes; iii) grande capacidade de estocar nutrientes na biomassa iv) tolerância às características físicas e químicas do efluente e v) tolerâncias às condições climáticas locais (Tanner, 1996).

ESTUDOS SOBRE WETLANDS CONSTRUÍDAS

A utilização das *wetlands* construídas para o tratamento do efluente de aquicultura ainda está em estágio experimental. Os estudos mostram que as *wetlands* construídas são capazes de remover nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e material particulado do efluente de aquicultura (Lin et al., 2005; Polomski et al., 2009; Sindilariu et al., 2009). Os estudos também mostram que a eficiência das *wetlands* pode variar em função da espécie de macrófita utilizada. Henry-Silva & Camargo (2006) constaram que *wetlands* povoadas com *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* removem mais nitrogênio e fósforo totais do efluente do que uma *wetland* povoada com *Salvinia molesta*, que possui menor porte e menor capacidade de estocar nutrientes removidos do efluente (Figura 1).

A carga de nutrientes do efluente também influencia a capacidade da *wetland* na sua remoção. De fato, há uma relação negativa entre a carga de nutrientes do efluente e a porcentagem de remoção destes pela *wetland* (Lin et al., 2002) (Figura 2).

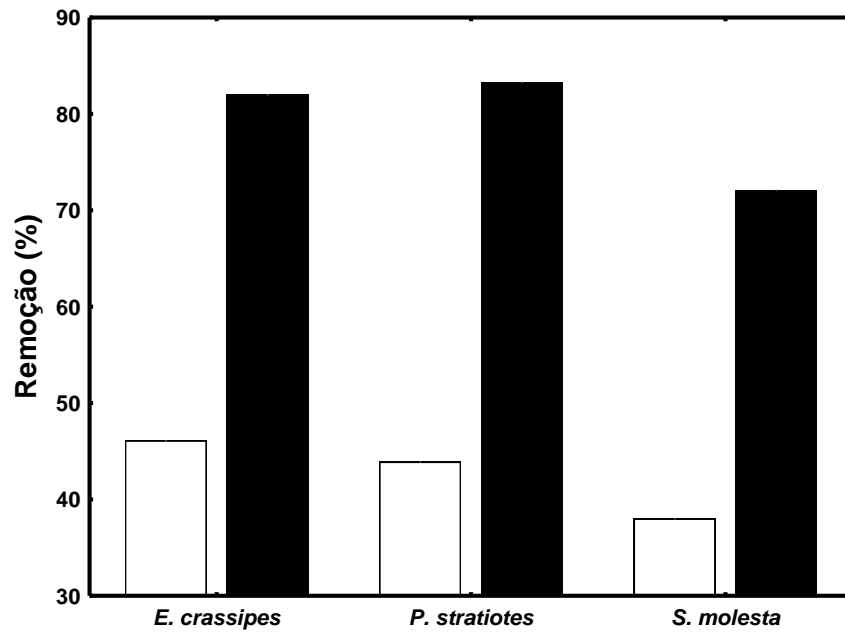


Figura 1. Remoção de nitrogênio total (□) e fósforo total (■) pelas *wetlands* povoadas com as macrófitas *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*. Baseado em Henry-Silva & Camargo (2006).

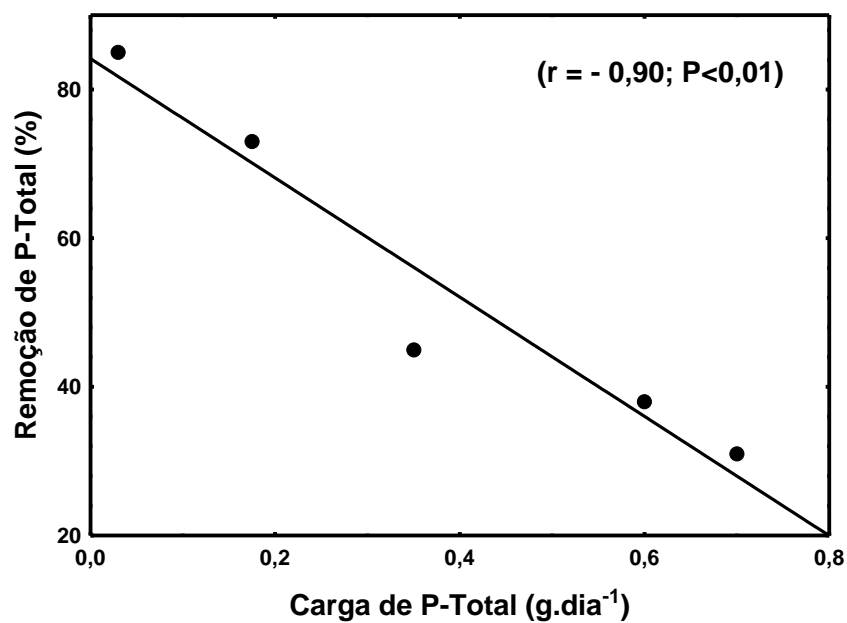


Figura 2. Relação entre a remoção de P-Total pela *wetland* e a carga de P-Total do efluente. Baseado em Lin et al. (2002).

O dimensionamento das *wetlands* construídas é um tema pouco estudado. Entretanto, é fundamental para o planejamento e a determinação da viabilidade do uso desta tecnologia. Isto porque é desejável que as *wetlands* ocupem pequenas áreas para não ocupar espaço de outra atividade. Alguns estudos estimaram a área superficial da *wetland* necessária para o tratamento do efluente de um viveiro (Schwartz & Boyd, 1995; Lin et al., 2005; Biudes, 2007) e os resultados mostram grande variação, indicando que a área superficial da *wetland* pode variar entre 10% e 270% da área do viveiro. Esta variação encontrada está relacionada à carga de poluente do efluente do viveiro e a capacidade da *wetland* em remover este poluente.

Outro tema importante sobre *wetlands* construídas é a eficiência das mesmas na remoção de nutrientes e matéria orgânica do efluente, após longo tempo de funcionamento da *wetland*. Isto porque as *wetlands* possuem uma capacidade limitada de estocar nutrientes e matéria orgânica e, portanto, podem perder eficiência no tratamento do efluente quando esta capacidade é atingida. Diante deste problema, são necessários estudos que avaliem a variação da eficiência das *wetlands* em longo prazo. Biudes (2007) avaliou a eficiência de uma *wetland* na remoção de nitrogênio e fósforo totais do efluente e o crescimento da macrófita *Eichhornia crassipes* durante um período de 270 dias. Pode-se constatar que a biomassa inicial da macrófita foi baixa e aumentou até atingir a capacidade de suporte (Figura 3). Houve também uma relação positiva entre a remoção de nitrogênio e fósforo totais do efluente e a produção de biomassa de *Eichhornia crassipes* na *wetland* (Figura 4). Isto mostrou que a eficiência da *wetland* é maior na remoção de nutrientes quando a produção de biomassa é alta porque a macrófita estoca nutrientes durante seu crescimento. Por outro lado, a *wetland* apresenta baixa eficiência na remoção de nutrientes quando a capacidade de suporte é atingida e ocorre baixa produção de biomassa ou perda de biomassa, o que implica no retorno de nutrientes estocados para o efluente. Portanto, o manejo da biomassa deve visar sua manutenção em densidades na qual ocorre alta produção de biomassa. Sendo assim, é recomendável remover periodicamente

parte da biomassa da macrófita com os objetivos de retirar da *wetland* nutrientes já estocados na biomassa e aumentar o espaço para que a macrófita possa crescer e estocar mais nutrientes. Destaca-se que o crescimento das diferentes espécies de macrófitas depende de diversos fatores, tais como temperatura, luz e nutrientes (Biudes & Camargo, 2008). Por isto, são fundamentais estudos que avaliem o crescimento da planta em condições (clima e características do efluente) semelhantes ao da *wetland* para a determinação do manejo correto da planta. Os sistemas com macrófitas aquáticas flutuantes tem vantagens em relação àqueles com macrófitas emergentes, pois a retirada de biomassa dos vegetais flutuantes para que a eficiência de remoção seja a ideal é muito mais fácil.

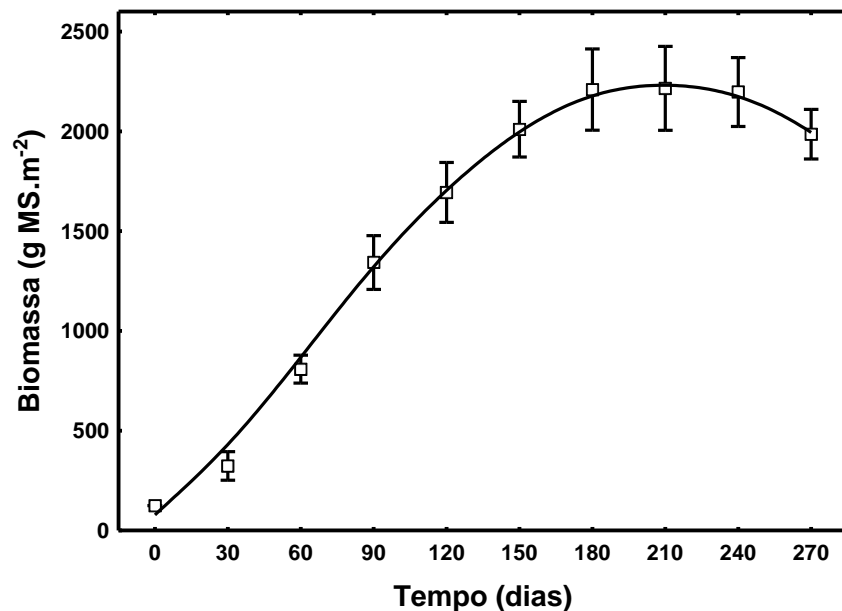


Figura 3. Curva de crescimento de *Eichhornia crassipes* na *wetland* construída. Baseado em Biudes (2007).

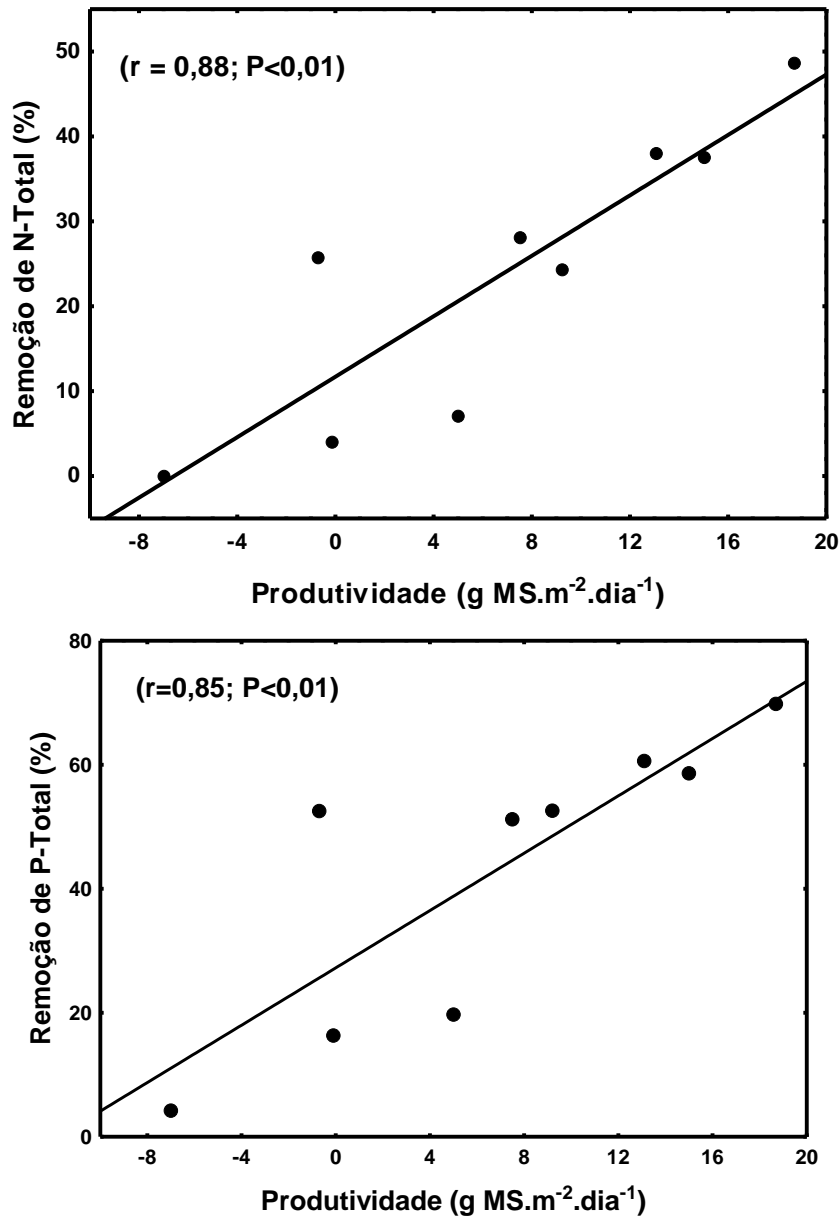


Figura 4. Relação entre a remoção de nitrogênio e fósforo totais pela *wetland* e a produtividade de *Eichhornia crassipes*. Baseado em Biudes (2007).

A biomassa de macrófitas produzida nas *wetlands* é um resíduo do sistema de tratamento que necessita de um destino. Assim, há a necessidade de se encontrar alternativas de utilização desta biomassa. Alguns estudos tem avaliado a possibilidade de aproveitamento da biomassa de macrófitas na alimentação de peixes. Entre os estudos, Santiago et al. (1988)

constataram que uma dieta contendo 42% da macrófita aquática flutuante *Azolla pinnata* proporcionou maior crescimento para alevinos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) do que a dieta com farinha de peixe. Essa (1997) substituiu 50% da dieta comercial (35% de proteína bruta) pela macrófita aquática flutuante *Lemna* sp e não observou efeito negativo sobre o crescimento de *O. niloticus*. Por outro lado, Henry-Silva et al. (2006) constataram que *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* são poucos digestíveis para a tilápia-do-nilo, em comparação com ingredientes normalmente utilizados na produção de rações para a espécie. Destaca-se que as diferentes espécies de macrófitas podem apresentar composições químicas muito distintas. Portanto, as investigações sobre as possibilidades de aproveitamento da biomassa produzida nas *wetlands* devem ser feitas para cada espécie utilizada.

CONCLUSÃO

O uso de macrófitas aquáticas é uma alternativa para o tratamento de efluentes de aquicultura, pois possuem comprovada eficiência na remoção de nitrogênio, fósforo e material particulado em suspensão do efluente. Contudo a utilização de *wetlands* construídas em escala comercial depende do aumento do conhecimento técnico-científico sobre manejo da biomassa vegetal, dimensionamento e ecologia das espécies de macrófitas utilizadas. Outro aspecto importante para o uso de *wetlands* em escala comercial é o aumento do rigor da legislação brasileira e da fiscalização da mesma para exigir que o efluente de aquicultura seja adequadamente tratado antes de ser lançado em rios e lagos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANH, P. T.; KROEZE, C.; BUSH, S. R. & MOL, A. P. J. N. 2010. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*. 97: 872-882.
- BIUDES, J. F. V. & CAMARGO, A. F. M. 2008. Estudos dos Fatores Limitantes à Produção Primária por Macrófitas Aquáticas no Brasil. *Oecologia Brasiliensis*. 12: 7-19.
- BIUDES, J. F. V. 2007. Uso de *wetlands* construídas no tratamento de efluentes de aqüicultura. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal. [Tese de Doutorado].
- ESSA, M. A. 1997. Utilization of some aquatic plants in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings. *Egypt Journal Aquatic Biology Fish*. 1(2): 19-34.
- ESTEVEZ, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2^a ed. Interciência – FINEP: Rio de Janeiro, 602p.
- HENRY-SILVA, G. G. & CAMARGO, A. F. M. 2006. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*. 63: 433-438.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A. F. M. & PEZZATO, L. E. 2006. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo(*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35(3): 641-647.
- KIVAISE, A. K. 2001. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological Engineering*. 16: 545-560.
- LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D. Y. & WANG, T. W. 2002. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. *Aquaculture*. 209: 169-184.
- LIN, Y. F.; JING, S. R.; LEE, D. Y.; CHANG, Y. F.; CHEN, Y. M. & SHIH, K. C. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environmental Pollution*. 134: 411-421.
- POLOMSKI, R. F.; TAYLOR, M. D.; BIELENGER, D. G.; BRIDGES, W. C.; KLAINÉ, S. J. & WHITWELL, T. 2009. Nitrogen and phosphorus remediation by three floating aquatic macrophytes in greenhouse-based laboratory-scale subsurface constructed wetlands. *Water Air Soil Pollution*. 197: 223-232.
- REDDING, T.; TODD, S. & MIDLEN, A. 1997. The treatment of aquaculture wastewaters - A botanical approach. *Journal of Environmental Management*. 50: 283-299.
- SANTIAGO, C. B.; ALBADA, M. B. & REYES, O. S. 1988. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing *Azolla meal*. In: *Proceedings of International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, p. 377-382. WAS, Philippines.

- SCHULZ, C.; GELBRECHT, J. & RENNERT, B. 2003. Treatment of rainbow trout farm effluents in constructed wetland with emergent plants and subsurface horizontal water flow. *Aquaculture*. 217: 207-221.
- SINDILARIU, P. D.; BRINKER, A. & REITER, R. 2009. Factors influencing the efficiency of constructed wetlands used for the treatment of intensive trout farm effluent. *Ecological Engineering*. 35: 711–722.
- TANNER, C. C. 1996. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. *Ecological Engineering*. 7: 59-83.
- TEICHERT-CODDINGTON, D. R.; ROUSE, D. B.; POTTS, A. & Boyd, C. E. 1999. Treatment of harvest discharge from intensive shrimp ponds by settling. *Aquaculture Engineering*. 19: 147-161.
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. 2008. *Limnologia*. Oficina de textos: São Paulo, 631 p.
- UGGETTI, E.; FERRER, I.; LLORENS, E. & GARCIA, J. 2010. Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art. *Bioresource Technology*. 101: 2905–2912.
- USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2000. *Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. USEPA: Cincinnati, 166p.
- ZHANG, S.; LIU, J.; WEI, S.; GAO J.; WANG, D. & ZHANG K. 2006. Impact of aquaculture on eutrophication in Changshou Reservoir. *Chinese Journal of Geochemistry*. 25(1): 90-96.