

Wetlands

Ambiente e biorremediação de efluentes da aquicultura

Antonio Fernando Monteiro Camargo e Matheus Nicolino Peixoto Henares*



MATHEUS N. PEIXOTO HENARES

Tanque com aguapé (*Eichhornia crassipes*); Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), Jaboticabal, SP, 2009

Além de ser uma atividade relevante na produção de alimentos, o cultivo de organismos aquáticos propicia benefícios econômicos e sociais ao país. A instalação de uma fazenda aquícola implica a construção de viveiros e edificações para armazenamento de ração, redes e outros equipamentos, bem como captação de água de um ambiente aquático para abastecimento dos viveiros. Naturalmente, tais ações provocam alterações ambientais inevitáveis, mas que são regulamentadas por leis e portarias. Os organismos aquáticos são alimentados e produzem excretas e fezes que são lançados na água dos viveiros de cultivo. Parte do alimento fornecido normalmente não é ingerida pelos animais e, também, fica na água.

Assim, o cultivo de organismos aquáticos tem despertado a preocupação de órgãos governamentais, organizações não governamentais e pesquisadores quanto aos impactos ambientais relacionados à atividade, especialmente a geração e o lançamento dos efluentes sem tratamento, em ambientes aquáticos. Os efluentes são gerados devido à renovação da água dos viveiros e quando são drenados. São ricos em substâncias químicas, contendo nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e material particulado em suspensão. Contudo, o lançamento de efluentes sem tratamento em ambientes aquáticos pode resultar em uma acumulação crônica de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, levando ao processo de eutrofização artificial. Este processo provoca mudanças nas condições físicas e químicas dos ambientes aquáticos, alterações qualitativas e quantitativas em comunidades aquáticas e propiciam incremento do nível de produção do ambiente aquático (Esteves & Meirelle-Pereira, 2011).

As características físicas e químicas da água de abastecimento e do efluente de cultivo de camarão da Amazônia e de tilápia do Nilo podem ser observadas na Tabela 1. Pode-se observar que as concentrações de oxigênio são menores no efluente, provavelmente devido ao consumo deste pelos organismos cultivados. Observam-se, também, as maiores concentrações das diferentes formas de nitrogênio e fósforo no efluente, em comparação com a água de abastecimento. O processo de eutrofização artificial é indesejável, pois provoca o crescimento do plâncton, aumenta a quantidade de detritos, pode levar ao crescimento de cianobactérias e, de um modo geral, reduz a qualidade da água de cultivo. Esta piora da qualidade da água pode prejudicar a própria aquicultura, além de limitar o uso da água para outros fins, tais como abastecimento humano, recreação, dentre outros. As medidas para reduzir os impactos ambientais provocados pelo



Tanque com taboa (*Typha domingensis*): Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), Jaboticabal, SP, 2009

TABELA 1 | VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DO EFLUENTE DE CRIAÇÃO DO CAMARÃO DA AMAZÔNIA E DA TILÁPIA DO NILO

VARIÁVEL	CAMARÃO DA AMAZÔNIA		TILÁPIA DO NILO	
	ORGANISMO-ALVO	EFLUENTE	ABST	EFLUENTE
pH	7,5 ± 0,3	8,1 ± 0,5	7,6 ± 1,2	7,5 ± 0,8
O ₂ (mg/L)	6,5 ± 0,9	5,1 ± 0,6	5,9 ± 1,2	4,4 ± 1,3
Cond (µS/cm)	58 ± 8	68 ± 6	-	-
Turb (NTU)	30 ± 7,0	61 ± 21	10 ± 4	13 ± 12
P-total (µg/L)	128 ± 27,9	229 ± 69,7	22,1 ± 10,4	74,9 ± 18,4
P-dissolvido (µg/L)	15,6 ± 5,4	33,1 ± 7,1	11,6 ± 4,1	28,1 ± 8,4
N-total (mg/L)	0,30 ± 0,03	0,47 ± 0,15	0,20 ± 0,003	0,34 ± 0,06
N-dissolvido (mg/L)	-	-	0,16 ± 0,03	0,25 ± 0,05
N-nitrato (µg/L)	99,1 ± 12,3	158,3 ± 23,4	44,0 ± 29,7	48,7 ± 22,8
N-nitrito (µg/L)	10,0 ± 1,1	14,8 ± 2,2	6,7 ± 1,8	9,1 ± 2,3
N-amoniaco (µg/L)	11,3 ± 0,9	17,0 ± 1,4	4,2 ± 1,9	10,3 ± 4,7

Legendas: Abast - água de abastecimento viveiro; Temp= temperatura da água, O₂ = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade elétrica; Turb = turbidez; P = fósforo; N = nitrogênio (valores médios e desvio-padrão).

Fonte: Monteiro Camargo e Henares, adaptado de Henry-Silva e Camargo, 2006 e 2008.

lançamento de efluentes de aquicultura nos ambientes aquáticos podem ser divididas em soluções anteriores e posteriores à geração dos efluentes.

As soluções anteriores envolvem medidas que reduzem as concentrações de nitrogênio, fósforo e sólidos suspensos com adoção de boas práticas de manejo (BPMs), tais como: (I) uso de fertilizantes em quantidades adequadas; (II) densidades de estocagem compatíveis com o sistema de produção adotado pelo produtor e com a capacidade dos viveiros ou tanques; (III) fornecimento de ração de boa qualidade, com maior digestibilidade e em quantidades adequadas; (IV) redução do volume de efluente gerado com a redução ou ausência de renovação de água; (V) e, quando possível, realizar despesas sem drenagem parcial ou total dos viveiros. As soluções posteriores à geração dos efluentes, ou a biorremediação, referem-se ao tratamento do efluente visando à remoção da carga de nitrogênio, fósforo e sólidos suspensos. Neste caso, é possível a utilização de

tanques de sedimentação ou de alagados artificiais, construídos com macrófitas aquáticas (*wetlands* construídas).

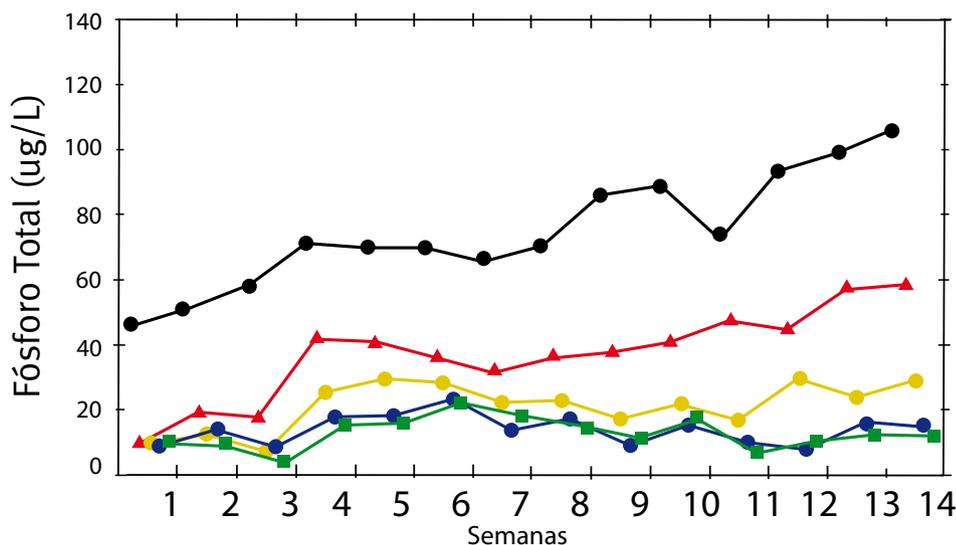
O uso de sistemas contendo macrófitas aquáticas é uma alternativa viável para o tratamento do efluente de aquicultura. As *wetlands* construídas possuem baixo custo, pois utilizam processos naturais na remoção de poluentes do efluente. Os principais processos biológicos que regulam as remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a absorção direta pela macrófita, mineralização microbológica e transformações, tais como desnitrificação e amonificação. Os principais processos abióticos que atuam nas remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são sedimentação, precipitação química e adsorção. Nas *wetlands* construídas as espécies de macrófitas emergentes, como a taboa, e flutuantes, como o aguapé, são as mais utilizadas. As *wetlands* construídas povoadas com macrófitas emergentes necessitam de substrato para a fixação da planta. O substrato é formado por camadas de

brita, cascalho, areia fina e areia grossa e que estão abaixo do solo.

Por sua vez, as *wetlands* construídas povoadas com macrófitas flutuantes não necessitam de solo para a fixação, pois são espécies que flutuam na superfície da água. Para que a biorremediação com uma *wetland* seja eficiente a macrófita deve ter características como: (I) rápido estabelecimento e alta taxa de crescimento; (II) grande capacidade de absorção de nutrientes; (III) capacidade de estocar grande quantidade de nutrientes na biomassa; (IV) ser tolerante às características físicas e químicas do efluente; e (V) estar adaptada às condições climáticas locais.

Os estudos mostram que a eficiência das *wetlands* pode variar em função da espécie de macrófita utilizada. Henry-Silva & Camargo (2006) relataram que *wetlands* povoadas com aguapé (*Eichhornia crassipes*) e alface-d'água (*Pistia stratiotes*) removem mais nitrogênio e fósforo do efluente do que uma *wetland* povoadada com marrequinha (*Salvinia*

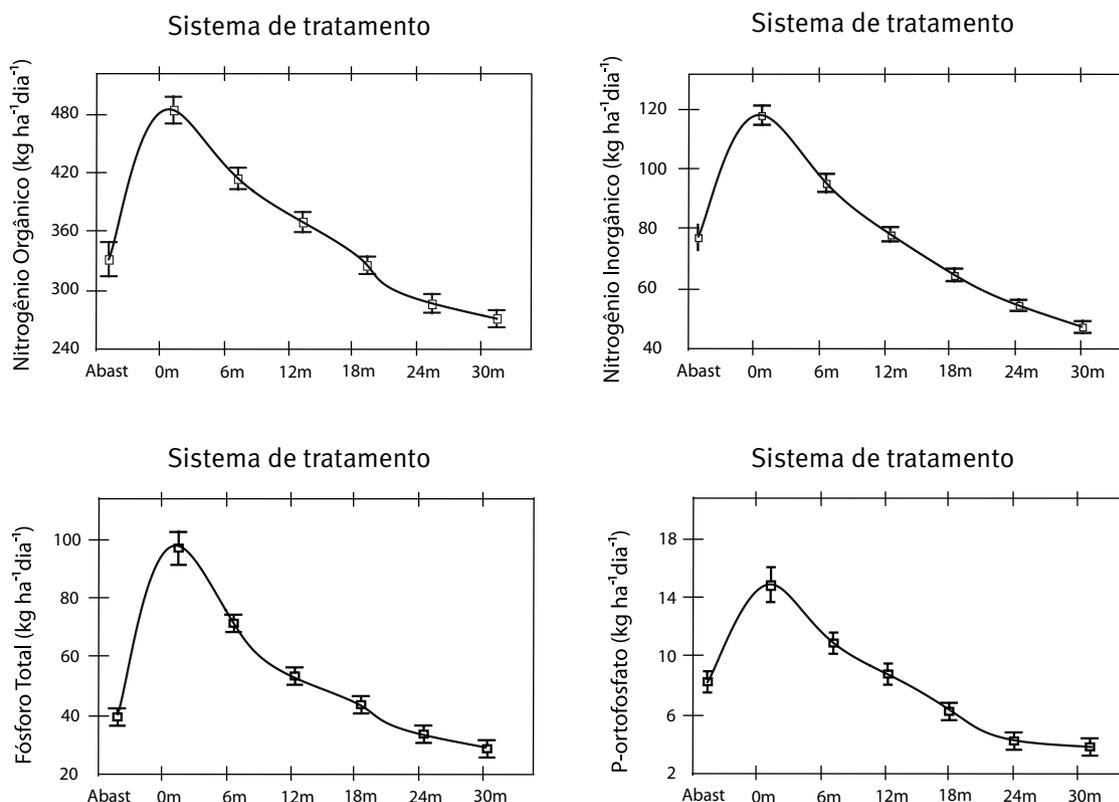
FIGURA 1 | FÓSFORO TOTAL NA ÁGUA DO EFLUENTE DE CULTIVO DE TILÁPIA DO NILO



Legendas: Efluente do viveiro de tilápia do Nilo (●); efluente após tanque de tratamento sem macrófita (▲); efluente após tanque com marrequinha (●); efluente após tanque com aguapé (●); e efluente após tanque com alface-d'água (■).

Fonte: Henry-Silva e Camargo, 2006.

FIGURA 2 | NITROGÊNIO ORGÂNICO TOTAL, NITROGÊNIO INORGÂNICO TOTAL, FÓSFORO TOTAL E ORTOFOSFATO NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO (ABAST) DE VIVEIRO DE REPRODUTORES DE CAMARÃO DA MALÁSIA, DO EFLUENTE DO VIVEIRO (0 M) E EM DIFERENTES DISTÂNCIAS DENTRO DE UMA WETLAND COM AGUAPÉ



Fonte: Biudes, 2007.

molesta), que possui menor porte e menor capacidade de estocar nutrientes removidos do efluente. Na Figura 1 observa-se que os valores de fósforo total do efluente de um cultivo de tilápia do Nilo tendem a aumentar ao longo das semanas, devido ao aumento da biomassa dos peixes e da quantidade de ração oferecida. Porém, após passar por sistemas de tratamento com macrófitas aquáticas, as concentrações de fósforo total diminuíram, sendo os sistemas mais eficientes aqueles povoados com aguapé e alface-d'água.

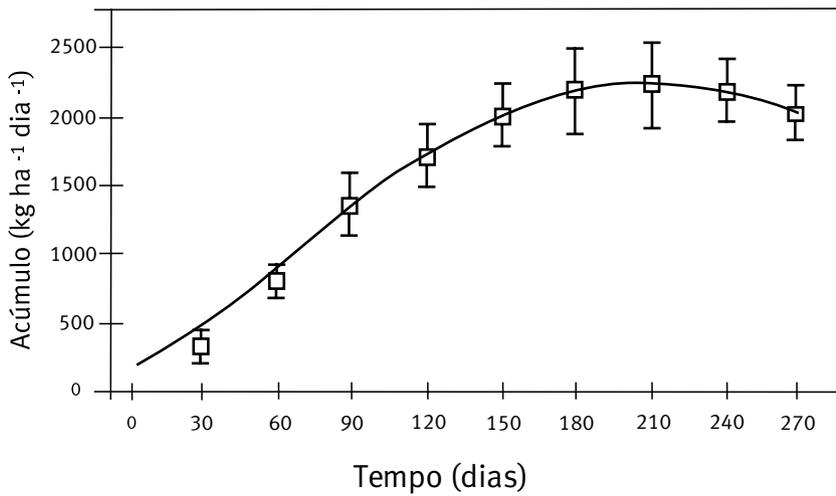
Os sistemas de tratamento de efluentes de aquicultura com plantas aquáticas, assim como qualquer sistema de tratamento de esgotos, necessitam ocupar uma determinada área. Qual o tamanho

que uma *wetland* deve ter para remover os nutrientes acrescentados pelo cultivo? O dimensionamento das *wetlands* construídas é um tema pouco estudado, mas é fundamental para o planejamento e a determinação da viabilidade do uso desta tecnologia. É desejável que as *wetlands* ocupem pequenas áreas para não reduzir o espaço de outra atividade. Um estudo sobre este aspecto foi realizado por Biudes (2007) e os resultados mostraram que um sistema de tratamento contendo o aguapé necessita de, aproximadamente, 9% da área do cultivo. Os resultados deste estudo são apresentados na Figura 2. Pode-se observar que os 18 metros de comprimento da *wetland* são suficientes para que os valores das variáveis se igualem

aos da água de abastecimento do viveiro de reprodutores do camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). O viveiro de reprodutores possui 200 m² de área e a *wetland* 1 m de largura (18 m²).

Outro ponto importante sobre *wetlands* construídas refere-se ao manejo das macrófitas aquáticas. Ou seja, há necessidade de se retirar parte das plantas de tempos em tempos? Quando uma planta aquática é colocada em um tanque que recebe efluentes de aquicultura a tendência é que ela cresça. No entanto, devido à limitação por espaço ou outro recurso, após certo tempo a planta para de crescer. A curva de crescimento (valores de biomassa ao longo do tempo) do aguapé em uma *wetland* construída é mostrada na Figura 3. Pode-

FIGURA 3 | BIOMASSA (G DE MASSA SECA M²) DO AGUAPÉ EM WETLAND CONSTRUÍDA

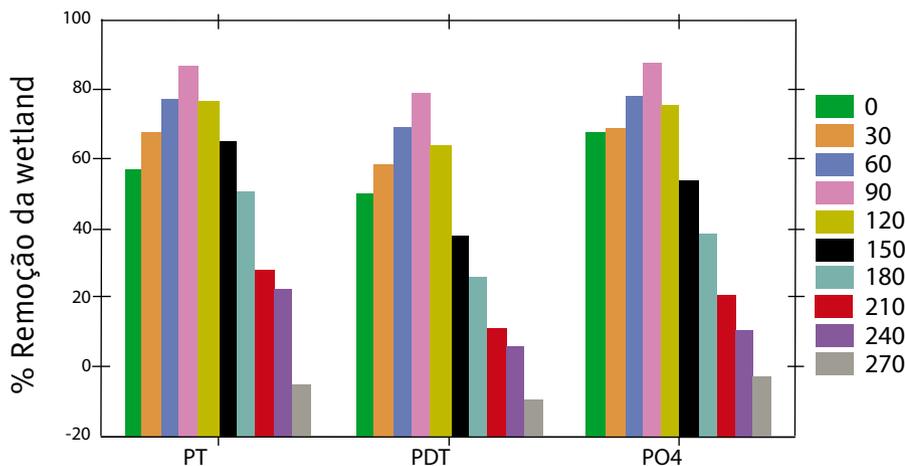


Fonte: Biudes, 2007.

-se observar um crescimento mais intenso no início, a diminuição do crescimento após 90 dias, estabilização e redução da biomassa no final do estudo. A taxa de crescimento do vegetal está diretamente relacionada com a taxa de remoção de nutrientes e com a eficiência do tratamento. As porcentagens de remoção de fósforo total, fósforo dissolvido e ortofosfato em diferentes intervalos de tempo estão apresentadas na Figura 4.

Comparando-se os resultados apresentados na Figura 4 observa-se que a maior porcentagem de remoção ocorre quando o aguapé teve a sua maior taxa de crescimento; quando a planta para de crescer, a remoção é muito pequena ou ausente. Portanto, o manejo da macrófita em sistemas de tratamento é essencial e deve-se manter uma quantidade de planta que permita seu crescimento intenso, pois é nesta fase que se observa a maior eficiência de remoção e tratamento do efluente. Considerando a necessidade de retiradas periódicas de parte da massa vegetal, os sistemas de tratamento com macrófitas flutuantes têm vantagens em relação àqueles com macrófitas emergentes, pois a retirada de biomassa dos vegetais flutuantes é muito mais fácil. [🌐](#)

FIGURA 4 | PORCENTAGEM DE REMOÇÃO DE FÓSFORO TOTAL (PT), FÓSFORO DISSOLVIDO TOTAL (PDT) E ORTOFOSFATO (PO₄) EM DIFERENTES INTERVALOS DE TEMPO, EM WETLAND COM AGUAPÉ



Fonte: Monteiro Camargo e Henares, 2012.

* **Antonio Fernando Monteiro Camargo** é professor adjunto do Instituto de Biociências da Unesp de Rio Claro, no Departamento de Ecologia (afmc@rc.unesp.br) e **Matheus Nicolino Peixoto Henares** é professor doutor do Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (henaresmp@yahoo.com.br).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIUDES J. F. V. 2007. Uso de Wetlands construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura. Jaboticabal. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 103f.
- Esteves F. A.; MEIRELLES-PEREIRA, F. Eutrofização Artificial. In: ESTEVES, F. A. (coord.). Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.
- HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Efficiency of aquatic macrophyte to treat Nile tilapia pond effluents. Scientia Agricola, Piracicaba, 2006, 63, 433-438p.