IMPACTO DA MANUTENÇÃO DE REPRODUTORES DE *Macrobrachium rosenbergii* NA QUALIDADE DA ÁGUA

Matheus Nicolino Peixoto HENARES^{1*}; Antonio Fernando Monteiro CAMARGO^{1,2}; José Francisco Vicente BIUDES¹; Wagner Cotroni VALENTI^{1,3}

RESUMO

Nosso objetivo foi avaliar os impactos provocados pela manutenção de reprodutores de *Macrobrachium rosenbergii* na água do viveiro. Durante oito semanas determinamos os valores de pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, turbidez, material particulado em suspensão (MPS), nitrogênio (N) e fósforo (P) da água de abastecimento e do efluente do viveiro. Todas as variáveis apresentaram valores maiores no efluente, exceto OD. A concentração de N-amoniacoal (0,013 mg L⁻¹) foi 2,7 vezes maior no efluente; N-NO₂ (0,019 mg L⁻¹), 2,3; N-NO₃ (0,139 mg L⁻¹), 1,8; P-PO₄ (0,065 mg L⁻¹), 7,2; e de PD (0,104 mg L⁻¹), 4,9 vezes maior. Para NKT (0,67 mg L⁻¹) e PT (0,235 mg L⁻¹) os valores no efluente representaram um acréscimo de 0,27 mg L⁻¹ e 0,175 mg L⁻¹, respectivamente. A manutenção de *M. rosenbergii* aumenta as concentrações de nutrientes, principalmente PT, o que impede o lançamento do efluente em corpos hídricos receptores inseridos nas classes 1, 2 e 3 da Resolução N° 357 do CONAMA.

Palavras chave: Efluente; qualidade de água; carcinicultura; crustáceo; nutrientes

IMPACT OF MAINTENANCE OF *Macrobrachium rosenbergii* BROODSTOCK PRAWN ON WATER QUALITY

ABSTRACT

Our objective was to evaluate the impacts caused on pond water quality by maintenance of *Macrobrachium rosenbergii* broodstock. During eight weeks we determined pH, dissolved oxygen (DO), conductivity, turbidity, particulate suspended material (PSM), nitrogen (N) and phosphorus (P), all in inlet and effluent water. All variables presented higher values in the effluent, except OD. N-ammoniacal concentration (0.013 mg L⁻¹) was 2.7 times higher in the effluent pond; NO₂-N (0.019 mg L⁻¹), 2.3; NO₃-N (0.139 µg L⁻¹), 1.8; PO₄-P (0.065 mg L⁻¹), 7.2; and DP (0.104 mg L⁻¹), 4.9 times higher. For TKN (0.67 mg L⁻¹) and TP (0.235 mg L⁻¹) the values in the pond effluent represent an increase of 0.27 mg L⁻¹ and 0.175 mg L⁻¹, respectively. The maintenance of *M. rosenbergii* broodstock increase the nutrient concentrations, mainly TP, prevent effluent pond released into receiving water bodies on 1, 2 and 3 classes of the CONAMA N° 357 Resolution.

Key words: Effluent; water quality; prawn farm activity; crustacean; nutrients

Nota Científica: Recebida em 05/08/2010 – Aprovada em 18/05/2011

^{1*} Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP. Universidade Estadual Paulista. Via de acesso Dr. Paulo Donato Castellane, s/n. – CEP: 14.884-900 – Jaboticabal – SP – Brasil. e-mail: henaresmnp@yahoo.com.br (Autor correspondente)

² Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências, UNESP. Avenida 24-A, 1515 - CEP: 13.506-900 - Rio Claro – SP – Brasil. e-mail: afmc@rc.unesp.br

³ Campus Experimental do Litoral Paulista - UNESP – SP - Brasil. e-mail: valenti@clp.unesp.br

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento na produção de camarões, nas últimas décadas, tem sido acompanhado pela intensificação dos impactos ambientais (CRAB *et al.*, 2007) provocados pela construção dos viveiros e a descarga dos efluentes (PÁEZ-OSUNA, 2001). Os efluentes dos viveiros de aquicultura são ricos em sólidos orgânicos em suspensão, carbono, nitrogênio e fósforo (PÁEZ-OSUNA, 2001; BIAO *et al.*, 2004; SUGIURA *et al.*, 2006). Quando lançados em corpos d' água receptores, esses efluentes contribuem para o aumento das cargas de nutrientes e matéria orgânica. Em estudos sobre os camarões marinhos, *Penaeus monodon*, na Tailândia (BRIGGS e FUNGE-SMITH, 1994), *Penaeus merquiensis*, no Vietnã (ROBERTSON e PHILLIPS, 1995) e *Litopenaeus vannamei*, no México (PÁEZ-OSUNA *et al.*, 1997), foi constatado que o aumento das cargas de nutrientes e matéria orgânica no efluente é originado da dieta fornecida aos animais cultivados. De acordo com BRIGGS e FUNGE-SMITH (1994) e JACKSON *et al.* (2003), na carcinicultura, aproximadamente 80% do nitrogênio e 90 a 95% do fósforo oferecido por meio da dieta, não são convertidos em biomassa animal. Os nutrientes excedentes e lixiviados são transportados para fora do viveiro no efluente ou depositam-se no sedimento, podendo causar condições anóxicas, toxicidade aos organismos cultivados e floração de fitoplâncton e cianobactérias (MORIARTY, 1997; BURFORD e GLIBERT, 1999).

Embora, os viveiros de cultivo de organismos aquáticos sejam altamente eficientes na assimilação dos aportes de carbono, nitrogênio e fósforo (BOYD e QUEIROZ, 2004), a manutenção da qualidade da água de cultivo em condições adequadas à produção mais intensiva requer a renovação da água do viveiro. O efluente gerado pela renovação da água é lançado sem tratamento em ambientes aquáticos naturais, promovendo a eutrofização artificial (KAUTSKY *et al.*, 2000) que resulta em alterações da biodiversidade e das características físicas e químicas da água.

No Brasil, a produção de camarões de água doce é pequena, atingindo aproximadamente 400 t ano⁻¹, no entanto a produção mundial desses crustáceos é uma das que mais cresce no mundo

(MORAES-RIODADES e VALENTI, 2004). De acordo com a FAO (2010), a produção mundial de *Macrobrachium rosenbergii* aumentou de 65.442 toneladas, em 1997, para 207.749 toneladas, em 2008. Somado ao cultivo de *Macrobrachium niponense* e *Macrobrachium malcolmsonii*, a produção total dos camarões de água doce ultrapassou, em 2008, 412 mil t ano⁻¹, movimentando aproximadamente US\$ 1 bilhão (FAO, 2010). Esse crescimento na produção se deve, principalmente, ao desenvolvimento das tecnologias de cultivo (VALENTI e TIDWELL, 2006) que possibilitam intensificar o sistema de produção com altas densidades de estocagem e maiores gastos com energia, fertilizantes e alimentação comercial (MORAES-RIODADES *et al.*, 2006).

Os impactos do cultivo de organismos aquáticos nas características físicas, químicas e biológicas da água utilizada nos viveiros dependem da espécie cultivada, intensidade de produção, manejo alimentar e tecnologia empregada (BOYD, 2003). A maioria dos trabalhos relacionados aos impactos provocados pelo cultivo de camarões envolve espécies marinhas em sistemas de engorda (BRIGGS e FUNGE-SMITH, 1994; PÁEZ-OSUNA *et al.*, 1998; TROTT e ALONGI, 2000; MACKINNON *et al.*, 2002; BIAO *et al.*, 2004; SOUSA *et al.*, 2006). No sistema de engorda ocorre aumento gradativo da biomassa dos organismos e, conseqüentemente, na quantidade de alimento fornecido ao longo do cultivo. Em viveiros para a manutenção de reprodutores, a biomassa de organismos é mais constante e elevada e a quantidade de alimento fornecido não sofre grande variação. Portanto, as características do cultivo de manutenção são diferentes daquelas utilizadas em viveiros de engorda. Em face do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos provocados pelo manejo realizado para a manutenção de camarões reprodutores da espécie *M. rosenbergii* na qualidade da água do viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista (Caunesp), campus de Jaboticabal-SP, Brasil, durante 8

semanas (março e abril de 2007). O viveiro utilizado possui fundo natural, 193 m² de área superficial, profundidade média de 1,1 m e capacidade para 212,3 m³. Duas represas localizadas a montante do Setor de Carcinicultura foram utilizadas para o abastecimento de água do viveiro. Uma das represas é classificada como oligo-mesotrófica, e a outra, que recebe efluentes dos Setores de Piscicultura e Ranicultura, é classificada como hipereutrófica (PISTORI *et al.*, 2010). Antes de abastecer o viveiro, a água das represas passou por um filtro mecânico construído com tela tipo mosquiteiro. O efluente do viveiro de manutenção dos reprodutores foi lançado em uma represa localizada a jusante do Setor de Carcinicultura. Toda a água do Centro de Aquicultura da UNESP é lançada no Córrego Jaboticabal, pertencente à Bacia-Hidrográfica do Mogi-Guaçu (UGRHI 09). A vazão do efluente na saída do viveiro foi de 20,5 ± 1 L min⁻¹. Nestas condições, a taxa de renovação diária do volume total da água do viveiro foi de aproximadamente 14% e o tempo de residência da água no viveiro foi de aproximadamente 7,2 dias.

O manejo do viveiro foi realizado de acordo com o método tradicionalmente usado no manejo de reprodutores de *M. rosenbergii* (DANIELS *et al.*, 2000). Os camarões, com peso de 61,6 ± 16,6 g indivíduo⁻¹, foram mantidos, durante o experimento, na densidade média de 475,5 g m⁻².

O fornecimento de alimento aos camarões foi realizado "a lanço", diariamente, às 16:00 horas, com dieta comercial peletizada. A dieta é composta por 35% de proteína bruta (mínimo), 6% extrato etéreo (mínimo), 8% de matéria fibrosa (máximo), 13% de matéria mineral (máximo), 0,7% de fósforo (mínimo) e 13% de umidade (máximo). A quantidade fornecida foi equivalente a 2% da biomassa total dos camarões no viveiro, o que representa em média, 1,835 g de dieta dia⁻¹.

As medidas de temperatura (°C), potencial hidrogeniônico (pH), concentração de oxigênio dissolvido (mg L⁻¹) e condutividade elétrica (mS cm⁻¹), assim como as coletas da água de abastecimento do viveiro e do efluente foram realizadas semanalmente (8 semanas), em triplicata, entre 08:30 e 10:00 horas. Os valores das variáveis medidas *in situ* foram determinados por meio da sonda multiprobe YSI *incorporated*

modelo 556 MPS. Os valores de turbidez (NTU) foram determinados por meio do espectrofotômetro modelo HACH DR/2000. Aproximadamente 0,5 L de água foram filtrados em micro filtro de fibra de vidro (Whatman GF 52-C) de 47 ± 0,5 mm de diâmetro e 0,6-0,7 µm de porosidade para a determinação da concentração de material particulado em suspensão (MPS) (APHA, 1998). Com as amostras filtradas foram determinadas as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-amoniacal) (KOROLEFF, 1976), nitrito (N-NO₂) e nitrato (N-NO₃) (MACKERETH *et al.*, 1978), fósforo dissolvido (PD) e ortofosfato (P-PO₄) (GOLTERMAN *et al.*, 1978). As amostras não filtradas foram utilizadas para a determinação de nitrogênio Kjeldahl total (NKT) (MACKERETH *et al.*, 1978) e fósforo total (PT) (GOLTERMAN *et al.*, 1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manutenção de reprodutores de *M. rosenbergii* provocou a redução da concentração de OD e aumentou os valores de pH, condutividade elétrica, turbidez, MPS, N-amoniacal, N-NO₂, N-NO₃, NKT, P-PO₄, PD e PT no efluente do viveiro (Tabela 1). A redução da concentração de OD está relacionada ao aumento da temperatura da água do viveiro, que reduziu a solubilidade deste gás. A temperatura média da água de abastecimento foi de 25,8 °C e no efluente foi de 27,3 °C. Menores concentrações de OD na água do efluente, em comparação com a água de abastecimento em viveiros de manutenção de reprodutores de *Macrobrachium amazonicum*, também foram observadas por HENRY-SILVA e CAMARGO (2008), que atribuíram esta redução ao aumento da temperatura da água. Além da temperatura, a respiração dos camarões e a decomposição da matéria orgânica (dieta não consumida, fezes e restos de animais mortos) acumulada no viveiro, também favoreceram a redução de OD. Em viveiros de cultivo de camarões, amplas variações diárias de oxigênio são observadas, com concentrações menores no período da manhã e maiores no período da tarde devido à fotossíntese realizada pelo fitoplâncton (HENRY-SILVA *et al.*, 2010). Assim, como as medidas foram realizadas no período da manhã, valores de OD inferiores ao da água de abastecimento foram observados. No cultivo de organismos aquáticos, BOYD e

ZIMMERMANN (2010) recomendam concentrações de OD entre 3 e 7 mg L⁻¹. Portanto, embora tenha ocorrido redução, a concentração média de OD no efluente, permaneceu dentro do intervalo considerado ideal para o cultivo. Além disso, a concentração média de OD permaneceu dentro do limite estabelecido pela Resolução N° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 2 (> 5 mg L⁻¹), destinada entre outras atividades, à aquicultura e à pesca.

O aumento do pH, provavelmente, ocorreu devido à calagem realizada para desinfecção do

viveiro e manutenção da alcalinidade em níveis adequados à sanidade do *M. rosenbergii*. Apesar do aumento, os valores de pH (7,8 a 8,9) permaneceram próximos do intervalo considerado ideal para o crescimento de *M. rosenbergii*. TIMMONS *et al.* (2002) recomendam valores entre 6,5 e 8,5 e BOYD e ZIMMERMANN (2010) recomendam, para *M. rosenbergii*, pH entre 7,0 e 8,5. Neste estudo, os valores de pH também permaneceram dentro do limite estabelecido pela Resolução N° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1, 2, 3 e 4 com intervalo entre 6,0 e 9,0.

Tabela 1. Média (n = 24), valor mínimo e máximo das variáveis limnológicas da água de abastecimento e do efluente do viveiro de manutenção de *M. rosenbergii*

Variáveis limnológicas	Abastecimento			Efluente		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo
pH	6,3	7,1	7,8	7,8	8,3	8,9
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	0,074	0,081	0,086	0,086	0,099	0,159
Turbidez (NTU)	10,0	13,5	22,0	22,0	90,5	228,0
MPS (mg L ⁻¹)	1,8	3,6	14,1	3,8	21,8	39,7
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	6,4	7,2	8,2	4,9	6,2	6,8
N-amoniaco (mg L ⁻¹)	0,003	0,005	0,007	0,006	0,013	0,030
N-NO ₂ (mg L ⁻¹)	0,005	0,008	0,014	0,008	0,019	0,044
N-NO ₃ (mg L ⁻¹)	0,031	0,077	0,153	0,078	0,139	0,228
Nitrogênio Kjeldahl total (mg L ⁻¹)	0,28	0,40	0,57	0,50	0,67	0,90
Ortofosfato (mg L ⁻¹)	0,005	0,009	0,014	0,026	0,065	0,082
Fósforo dissolvido (mg L ⁻¹)	0,011	0,021	0,034	0,053	0,104	0,136
Fósforo total (mg L ⁻¹)	0,022	0,060	0,127	0,184	0,235	0,295

A calagem realizada no viveiro antes do povoamento, também pode ter favorecido o aumento dos valores de condutividade elétrica no efluente (Tabela 1). Além da cal hidratada lançada no viveiro, de acordo com ESTEVES (1998) e BIANCHINI JUNIOR (2003) a decomposição da matéria orgânica resulta em aumento dos valores de condutividade elétrica, pois durante este processo, ocorre liberação de íons para a coluna d'água. Portanto, a decomposição da matéria orgânica, proveniente da biomassa estocada e da dieta fornecida, favoreceu o aumento da condutividade elétrica. O valor médio de condutividade elétrica da água observado neste estudo foi 1,4 vezes maior em relação ao observado por HENRY-SILVA e

CAMARGO (2008) (0,068 mS cm⁻¹) no efluente de viveiro de manutenção de reprodutores de *M. amazonicum*, mantidos na densidade média de 85,7 g m⁻² e arraçoados com 685,6 g dia⁻¹. De fato, a densidade de estocagem e o arraçoamento foram superiores ao do estudo realizado por HENRY-SILVA e CAMARGO (2008), o que justifica os maiores valores de condutividade elétrica.

O fornecimento da dieta associada à produção de fezes por *M. rosenbergii* e a formação dos detritos também favoreceram o aumento da turbidez e da concentração de MPS no efluente. No cultivo de *Penaeus monodon*, o aumento da biomassa ocasionou o aumento da concentração de MPS no efluente devido ao incremento da

quantidade de dieta fornecida (ISLAM *et al.*, 2004). De fato, no cultivo de engorda de *O. niloticus*, existe uma relação positiva entre o aumento da biomassa estocada e o aumento da turbidez e MPS devido ao incremento da quantidade de alimento fornecido (BACCARIN e CAMARGO, 2005). Na manutenção de reprodutores não ocorre um grande aumento da biomassa e, conseqüentemente, aumento da turbidez e do MPS com o decorrer do tempo, no entanto foram observados maiores valores dessas variáveis no efluente do viveiro em comparação com a água de abastecimento. Contudo, o aumento dos valores dessas variáveis também pode estar associado à atividade natatória e aos confrontos agonísticos entre os camarões, principalmente entre os indivíduos de maior tamanho, como observado por KIMPARA *et al.* (2010). Além desses fatores, a elevada densidade de estocagem aumenta a possibilidade dos confrontos entre os animais. Neste estudo, o valor médio da turbidez (90,5 NTU) foi abaixo do limite estabelecido pela Resolução N° 357 do CONAMA para águas de classe 2 (100 NTU) (CONAMA, 2005). No entanto, durante o experimento, foram observados valores acima de 100 NTU. Os valores mais elevados de turbidez e MPS ocorreram, provavelmente, devido à passagem da rede de arrasto para captura de alguns camarões para a estimativa de biomassa e correção da quantidade de dieta fornecida.

Além de aumentar a turbidez e o MPS, a dieta fornecida e não consumida sofre lixiviação e decomposição, favorecendo o aumento das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P) inorgânicos no efluente. O aumento das formas de N também está associado à excreção dos animais cultivados. A principal forma de N excretada por *M. rosenbergii* é amônia (45 a 78%) e, em menores quantidades, nitrito, nitrato e formas orgânicas solúveis como uréia, aminoácidos e ácido úrico (CHEN e KOU, 1996). Neste estudo, dentre as formas de nitrogênio inorgânico, o maior acréscimo ocorreu para N-NO₃ com 0,062 mg L⁻¹. Apesar do aumento, as concentrações de N-Amoniacal, N-NO₂ e N-NO₃ permaneceram, durante todo o experimento, muito abaixo do limite estabelecido pela Resolução N° 357 (CONAMA, 2005) para água de classe 1 que

estabelece: N-Amoniacal < 3,7 mg L⁻¹; N-NO₂ < 1 mg L⁻¹ e N-NO₃ < 10 mg L⁻¹, com pH ≤ 7,5. Dentre as formas de P, o acréscimo de P-PO₄ e PD foi de 0,056 e 0,083 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Para NKT e PT, as concentrações foram 1,7 e 3,9 vezes maior no efluente. Esse aumento representa um acréscimo, no efluente, de 0,27 mg L⁻¹ e 0,175 mg L⁻¹ de NKT e PT, respectivamente (Tabela 1). A concentração média de PT na água de abastecimento permite seu enquadramento na classe 3 da Resolução N° 357 (CONAMA, 2005) que estabelece, para ambientes intermediários, concentrações entre 0,05 e 0,075 mg L⁻¹. No efluente, o aumento de PT ocasionado pela manutenção dos reprodutores determina seu enquadramento na classe 4 (acima de 0,05 e 0,075 µg L⁻¹ de PT para ambientes lênticos e intermediários, respectivamente) (CONAMA, 2005). Portanto, o efluente do viveiro de manutenção de *M. rosenbergii* não pode ser lançado, sem tratamento, em corpos hídricos receptores enquadrados nas classes 1, 2 e 3.

O baixo aproveitamento, por parte dos animais, do N e P presente na dieta, também, é responsável pelo aumento das concentrações de N e P no efluente dos viveiros. BOYD *et al.*, (2007) estimaram que 25 a 30% do N e P adicionados nos sistemas de cultivo são convertidos em biomassa animal. O restante é perdido na coluna d'água, adsorvido às partículas do sedimento ou é lançado para fora do viveiro no efluente. Todavia, outros fatores também influenciam a concentração e a disponibilidade de nutrientes, OD, turbidez e MPS nos viveiros de aquicultura. A espécie cultivada, o sistema de cultivo, a taxa de arraçamento, a qualidade e a forma de fornecimento da dieta e a qualidade da água de abastecimento são determinantes para a qualidade da água no viveiro. Além disto, a densidade de estocagem, ou seja, a biomassa de organismos cultivados, a quantidade de dieta fornecida e as concentrações de N e P no efluente dos viveiros têm uma relação direta. Comparando os resultados do presente trabalho com outros é possível observar esta relação positiva (Tabela 2). Embora menores densidades de estocagem resultem em menores concentrações de nutrientes, sempre há um aumento das concentrações de N, P e de material em suspensão no efluente.

Tabela 2. Concentrações médias de nitrogênio total e fósforo total obtida neste estudo comparada às concentrações encontradas na literatura para diferentes cultivos e manejos

	Espécies cultivadas				
	Tilápia híbrida (<i>O. niloticus</i> X <i>O. aureus</i>)	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Penaeus monodon</i>	<i>M. amazonicum</i>	<i>M. rosenbergii</i>
NKT (mg L ⁻¹)	22,1	0,30	3,0 - 3,7	0,47	0,68
PT (µg L ⁻¹)	850	50,0	517 - 864	229,3	234,7
Densidade de estocagem (g m ⁻²)	15000	22,69	69,0 - 138,0	85,7	403,2 - 547,9
Arraçamento (% de biomassa)	" <i>ad libitum</i> "	3	8	4	2
Fonte	SIDDIQUI e AL- HARBI (1999)	BACCARIN e CAMARGO (2005)	THAKUR e LIN (2003)	HENRY-SILVA e CAMARGO (2008)	Este trabalho

O manejo tradicional utilizado para a manutenção de reprodutores de *M. rosenbergii* provoca impacto na água de cultivo, pois reduz a concentração de OD no período da manhã e aumenta os valores de condutividade elétrica, turbidez, MPS, N e P. Os resultados deste trabalho indicam que a manutenção de reprodutores de *M. rosenbergii* na densidade média de 475,5 g m⁻² provoca a deterioração da qualidade da água efluente do viveiro e, se não houver o tratamento adequado, o efluente não pode ser lançado em corpos d'água enquadrados nas classes 1, 2 e 3 (CONAMA, 2005) devido, principalmente, à elevada concentração de PT.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. 1998 *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 20th ed. APHA, Washington. 1220p.
- BACCARIN, A.E. e CAMARGO, A.F.M. 2005 Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 48: 81-90.
- BIANCHINI JUNIOR, I. 2003 *Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas*. In: THOMAZ, S.M. e BINI, L.M. (Eds.). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá. 341p.
- BIAO, X.; ZHUHONG, D.; XIAORONG, W. 2004 Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 48: 543-553.
- BOYD, C.E. 2003 Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. *Aquaculture*, Amsterdam, 226: 101-112.
- BOYD, C.E. e QUEIROZ, J.F. 2004 Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C., FRACALOSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Orgs.). *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. TecArt, São Paulo. 533 p.
- BOYD, C.E.; TUCKER C.S.; McNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY J. 2007 Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, Philadelphia, 15: 327-360.
- BOYD, C.E. e ZIMMERMANN, S. 2010 Grow-out system - water quality and soil management. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. (Eds.) *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Wiley-Blackwell, Oxford, p.239-255.
- BRIGGS, M.R.P. e FUNGE-SMITH, S.J. 1994 A nutrient budget of some intensive marine shrimp ponds in Thailand. *Aquaculture and Fisheries Management*, Oxford, 25: 789-811.
- BURFORD, M.A. e GLIBERT, P.M. 1999 Short-term nitrogen uptake and regeneration in early and late growth phase shrimp ponds. *Aquaculture Research*, Oxford, 30: 215-227.

- CHEN J.C. e KOU, C.T. 1996 Nitrogenous excretion in *Macrobrachium rosenbergii* at different pH levels. *Aquaculture*, Amsterdam, 144(1-3): 155-164.
- CONAMA. Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo*, Brasília DF, 18 Mar. 2005. Seção Resoluções, p.19.
- CRAB, R.; AVINEMELECH, Y.; DEFOIRDT, T.; BOSSEIER, P.; VERSTRAETE, W. 2007 Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, Amsterdam, 270: 1-14.
- DANIELS, W.H.; CAVALLI, R.O.; SMULLEN, R.P. 2000 Broodstock Management. In: NEW, M.B. e VALENTI, W.C. (Eds.) *Freshwater prawn culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Blackwell Science, Oxford. 443p.
- ESTEVES, F.A. 1998 *Fundamentos de Limnologia*. 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro. 602p.
- FAO 2010 *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FIGIS - Fisheries Statistics - Aquaculture. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 22 jun. 2011.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYNO, R.S.; OHSNTAD, M.A.M. 1978 *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. 2ª ed. Blackwell, Oxford. 315p.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2008 Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 37: 181-188.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PONTES, C.S.; MIYASE, L.K. 2010 Características limnológicas da coluna d'água e dos efluentes de viveiros de criação de Camarões da Amazônia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 39(10): 2099-2017.
- ISLAM, S.; SARKER, J.; YAMAMOTO, T.; WAHAB, A.; TANAKA, M. 2004 Water and sediment quality, partial mass budget and effluent N loading in coastal brackishwater shrimp farms in Bangladesh. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 48: 471-485.
- JACKSON, C.; PRESTON, N.; THOMPSON, P.J.; BURFORD, M. 2003 Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture*, Amsterdam, 218: 397-411.
- KAUTSKY, N.; RONNBACK, P.; TEDENGREN, M.; TROELL, M. 2000 Ecosystem perspective on management of disease in shrimp pond farming. *Aquaculture*, Amsterdam, 191: 145-161.
- KOROLEFF, F. 1976 Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). *Methods of seawater analysis*. Verlag. Chemie Weinheim, New York, p.117-181.
- KIMPARA, J.M.; ROSA, F.R.T.; PRETO, B.L.; VALENTI, W.C. 2011 Limnology of *Macrobrachium amazonicum* grow-out ponds subjected to high inflow of nutrient-rich water and different stocking and harvest management. *Aquaculture Research*, Oxford, 42: 1-9. doi:10.1111/j.1365-2109.2010.02717.x
- MACKERETH, F.I.F.; HERON, J.; TALLING, J.F. 1978 *Water analysis: some revised methods for limnologist*. Freshwater Biological Association, Ambleside. 121p.
- MACKINNON, A.D.; TROTT, L.A.; CAPPO, M.; MILLER, D.K.; DUGGAN, S.; SPEARE, P.; DAVIDSON, A. 2002 The trophic fate of shrimp farm effluent in mangrove creeks of north Queensland, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, London, 55: 655-671
- MORAES-RIODADES, P.M.C. e VALENTI, W.C. 2004 Morphotypes in males Amazon River Prawns, *Macrobrachium amazonicum*. *Aquaculture*, Amsterdam, 236: 297-307.
- MORAES-RIODADES, P.M.C.; KIMPARA, J.M.; VALENTI, W.C. 2006 Effects of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrology. *Acta limnologica brasiliensis*, São Carlos, 18: 311-319.
- MORIARTY, D.J.W. 1997 The role of microorganism in aquaculture ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 151: 333-349.
- PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S.R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C.; ESPINOZA-

- ÂNGULO, R. 1997 Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in North-West México. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 34: 290-297.
- PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S.R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C. 1998 Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal Waters of the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 38: 585-592.
- PÁEZ-OSUNA, F. 2001 The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. *Environmental Management*, New York, 28: 131-140.
- PISTORI, R.E.T.; HENRY-SILVA, G.G.; BIUDES, J.F.V.; CAMARGO, A.F.M. 2010 Influence of aquaculture effluents on the growth of *Salvinia molesta*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Carlos, 22: 179-186.
- ROBERTSON, A.I. e PHILLIPS, M.J. 1995 Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia*, The Hague, 295: 311-321.
- SIDDIQUI, A.H. e AL-HARBI. 1999 Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. *Aquaculture*, Amsterdam, 170: 245-252.
- SOUSA, O.V.; MACRAE, A.; MENEZES, F.G.R.; GOMES, N.C.M.; VIEIRA, R.H.S.F.; MENDONÇA-HAGLER, L.C.S. 2006 The impact of shrimp farming effluent on bacterial communities in mangrove waters, Ceará, Brazil, *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 52: 1725-1734.
- SUGIURA, S.H.; MARCHANT, D.D.; KESLEY, K.; WIGGINS, W.; FERRARIS, R.P. 2006 Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. *Environmental Pollution*, Barking, 140: 95-101.
- THAKUR, D.P. e LIN, K.C. 2003 Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering*, Essex, 27: 159-176.
- TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M.; WEATHON, F.W.; SUMMERFELT, S.T.; VINCI, B.J. 2002 *Recirculating aquaculture system*. 2nd ed. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca. 769p.
- TROTT, L.A. e ALONG, D.M. 2000 The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in tropical mangrove estuary. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, 40: 947-951.
- VALENTI, W.C. e TIDWELL, J.H. 2006 Economics and management of freshwater prawn culture in western hemisphere. In: LEUNG, P.S. e ENGLE, C. (Eds.). *Shrimp Culture: Economics, Market, and Trade*. Blackwell Science, Oxford. 443p.