

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DE EFLUENTE
EM SISTEMA DE POLICULTIVO DE TILÁPIAS
(*Oreochromis niloticus*) E CAMARÕES (*Macrobrachium
rosenbergii*)**

Sérgio Leandro Araújo Silva

Orientador: Prof. Dr^a. Cacilda Thais Janson Mercante

Co-orientador: Prof. Dr. Clóvis Ferreira do Carmo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Setembro - 2011

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DE EFLUENTE
EM SISTEMA DE POLICULTIVO DE TILÁPIAS
(*Oreochromis niloticus*) E CAMARÕES (*Macrobrachium
rosenbergii*)**

Sérgio Leandro Araújo Silva

Orientador: Prof. Dr^a. Cacilda Thais Janson Mercante

Co-orientador: Prof. Dr. Clóvis Ferreira do Carmo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Setembro – 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

A663q	<p>Araújo-Silva, Sérgio Leandro Qualidade da água e avaliação de efluente em sistema de policultivo de tilápias (<i>Oreochromis niloticus</i>) e camarões (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>) – São Paulo, 2011. x, 62f. ; il. ; gráf. ; tab.</p> <p>Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Orientadora: Cacilda Thaís Janson Mercante</p> <p>1. Carga. 2. Fósforo. 3. Nitrogênio. 4. Oxigênio. Tanque-rede. I. Mercante, Cacilda Thaís Janson. II.Título.</p> <p>CDD 639.3</p>
-------	--

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DE EFLUENTE EM
SISTEMA DE POLICULTIVO DE TILÁPIAS (*Oreochromis niloticus*)
E CAMARÕES (*Macrobrachium rosenbergii*)

AUTOR: SERGIO LEANDRO ARAUJO SILVA

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. CACILDA THAIS JANSON MERCANTE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em
Aqüicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof^a. Dr^a. Cacilda Thais Janson Mercante



Prof^a. Dr^a. Andréa Tucci



Prof. Dr. Carlos M. Ishikawa

Data da realização: 11 de outubro de 2011

Presidente da Comissão Examinadora
Prof^a. Dr^a. Cacilda Thais Janson Mercante

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesca APTA/SAA-SP e o Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca, pela viabilização logística para o desenvolvimento deste projeto.

Ao pólo APTA Regional do Vale do Paraíba – Pindamonhangaba, pela infraestrutura disponibilizada para as realizações das coletas e análises em laboratório.

À FAPESP (Fundação para o Amparo da Pesquisa no Estado de São Paulo) pela concessão do auxílio financeiro utilizado na realização deste estudo, conforme os Processos nº. (2008/57788-0).

À minha orientadora, Dr^a. Cacilda Thais Janson Mercante, pela oportunidade, confiança e paciência, além das sugestões, que muito contribuíram para a minha formação.

Ao meu co-orientador, Dr. Clovis Ferreira do Carmo, por toda atenção, críticas e ensinamentos que, sem dúvida, colaboraram muito para a realização deste trabalho.

À Dr^a. Cleide Schmidt Romeiro Mainardes Pinto, pesquisadora da APTA Regional Vale do Paraíba, pelo apoio de infra-estrutura e colaboração com o fornecimento de dados.

Ao Dr. Helcio Luis de Almeida Marques, pesquisador científico do Instituto de Pesca, por toda ajuda e sugestões, além da participação da banca examinadora da qualificação.

À Dr^a. Andréa Tucci, pesquisadora do Instituto de Botânica, pela participação da banca examinadora da defesa e suas valiosas sugestões.

Ao Dr. Carlos Massatoshi Ishikawa, pesquisador científico do Instituto de Pesca, pela participação das bancas examinadoras da qualificação e defesa, com valiosas contribuições para este trabalho.

Ao MSc. João Alexandre Saviolo Osti, por me apresentar ao Instituto de Pesca, pela atenção e sugestões fornecidas ao longo do período de realização do trabalho.

À MSc. Ariane C. Di Genaro pela colaboração e sugestões que enriqueceram o trabalho.

Ao técnico de laboratório Luiz Cláudio dos Santos Evangelista, por toda a ajuda nas coletas em campo e análises em laboratório.

À Juliana Macedo Santana, pela ajuda nas coletas em campo e realização das análises em laboratório.

À MSc. Isabella Cristina Antunes da Costa Bordon pela ajuda na parte estatística do trabalho.

À Cibele Santos Silva, pela ajuda, companhia e pelos bons momentos juntos.

Aos funcionários, estagiários e colegas do Instituto de Pesca Lilian, Fábio, Camila, Yasmin, Priscilla Romano, Priscila Norat, Ocimar e Munique, pelos bons momentos durante o período de estudo, que sem dúvida tornou-o mais agradável.

À todos pesquisadores do Instituto de Pesca, que, de alguma forma, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

À todos os colegas pós-graduandos pelos bons momentos juntos durante as disciplinas cursadas.

À minha família.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Objetivos Gerais.....	3
Área de Estudo.....	3
Apresentação da Dissertação.....	8
Referências Bibliográficas.....	9
Capítulo 1: Caracterização física, química e biológica da água de um sistema de policultivo de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>) e camarão (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>).....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	14
Materiais e Métodos.....	16
Resultados.....	18
Discussão.....	22
Conclusões.....	28
Agradecimentos.....	28
Referências.....	28
Capítulo 2: Avaliação do efluente gerado por sistema de policultivo (tilápias e camarões) através das cargas de nitrogênio e fósforo.....	34
Abstract.....	35
Resumo.....	36
Introdução.....	37
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	40
Conclusões.....	49
Agradecimentos.....	49
Referências.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

RESUMO

Na aquicultura, a qualidade da água desempenha importante papel já que são necessárias condições adequadas nos viveiros para o crescimento dos animais. A qualidade inadequada da água pode implicar em maior mortalidade, acarretando uma menor produtividade e lucratividade. Há, ainda, a preocupação com os efluentes gerados, que podem causar impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do viveiro de policultivo, com tilápias confinadas em tanques-rede e camarões livres, através de sua caracterização física, química e biológica, além de avaliar as cargas líquidas de nutrientes geradas pelo efluente do viveiro e caracterizar o aporte, retenção e exportação de nitrogênio e fósforo do sistema. O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Pólo APTA do Vale do Paraíba, situado em Pindamonhangaba (SP). Foi utilizado um viveiro de 1.500 m², com profundidade média de 1,60 e volume de 1.620 m³. O viveiro inicialmente foi povoado pós-larvas de camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) na densidade de 3,3 animais m⁻². Após 33 dias foram instalados 12 tanques-rede de 1m³ cada, povoados com machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas densidades de 200, 300 e 400 peixes m⁻³, com quatro repetições para cada tratamento. Foram realizadas 20 coletas semanais durante o período de 21 de janeiro a 04 de junho de 2009 no afluente, na parte central do viveiro e no seu efluente. As variáveis analisadas na parte central do viveiro foram temperatura, transparência da água, sólidos totais suspensos, condutividade elétrica, alcalinidade total, dureza total, pH, oxigênio dissolvido, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio total e clorofila-a. Na água do afluente e do efluente foram estimadas as concentrações de nutrientes (nitrogênio total e fósforo total) e a vazão do sistema, para posterior cálculo de carga. No viveiro, os parâmetros temperatura da água, oxigênio dissolvido e fósforo total estiveram fora dos padrões recomendados pela literatura especializada ou pela legislação vigente. No efluente, observou-se um incremento nas concentrações de nutrientes com relação ao afluente e o cálculo de cargas de nutrientes indicou que o sistema exportou nitrogênio e fósforo, fato associado às práticas de manejo utilizadas no sistema de criação.

Palavras-chave: Carga; fósforo; nitrogênio; oxigênio; tanque-rede.

ABSTRACT

In aquaculture, water quality plays an important role since suitable conditions in the ponds are necessary for the animals' growth. Poor water quality can imply low performance and higher mortality, leading to lower productivity and profitability. There is also concern about the waste generated, which can cause environmental impacts. The purpose of this study was to evaluate the water quality of a polyculture pond with tilapia confined in cages and free shrimp, through its physical, chemical and biological characterization, and to evaluate the net discharge loads of nutrients generated by the pond effluent and characterize the uptake, retention and export of nitrogen and phosphorus from the system. The experiment was conducted at the Aquaculture Sector, Vale do Paraiba, Pindamonhangaba (SP). The study took place in a pond of 1500 m², with 1,60 m and 1620 m³ of average depth and approximate volume, respectively. The pond was first populated with shrimp post-larvae (*Macrobrachium rosenbergii*) at 3.3 animals m⁻². After 33 days, 12 net cages stocked with juvenile male tilapia (*Oreochromis niloticus*) were installed in the pond at 200, 300 and 400 fish m⁻³, setting four net cages for each density. Twenty water sampling were performed weekly during January 21 to June 4, 2009 in the affluent water, in the central part of the pond and in its effluent water. The variables analyzed in the central part of the pond were temperature, water transparency, total suspended solids, electrical conductivity, total alkalinity, total hardness, pH, dissolved oxygen, orthophosphate, total phosphorus, total ammonia nitrogen, total nitrogen and chlorophyll-a. In affluent and effluent waters nutrients concentrations (total nitrogen and total phosphorus) were estimated, as well the water flow to subsequent load calculation. In the pond water, the parameters temperature, dissolved oxygen and total phosphorus were outside the standards recommended by the literature or by legislation. In the effluent water, there was an increase in nutrients concentrations in relation to the affluent and the nutrient loads calculation indicated that system has exported nitrogen and phosphorus, a fact associated with system management practices.

Keywords: Load; net-cage; nitrogen; oxygen; phosphorus.

INTRODUÇÃO GERAL

Introdução e justificativa

A aquicultura é o setor de produção de alimentos que mais cresce no mundo. Atualmente responde por mais de 50% da produção de peixes para consumo humano (FAO, 2008). TIAGO e GIANESELLA (2003) afirmaram que a aquicultura é mais uma atividade humana a competir com inúmeras outras pelo recurso água e o desenvolvimento deste tipo de atividade produtiva pode causar a sua deterioração.

Considerando que o crescimento da aquicultura tem potencial para atender a necessidade crescente de alimentos aquáticos, é, cada vez mais, necessário o manejo adequado neste setor (FAO, 2008). Manejo apropriado, conhecimento e controle dos aspectos ecológicos, biológicos e sócio-econômicos na aquicultura são importantes para obter e manter a qualidade da água apropriada, garantindo alta produção de biomassa (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2010).

O processo de eutrofização ocorre comumente em viveiros de criação de organismos aquáticos e pode levar a mortandade de peixes devido à prevalência, no período noturno, dos processos de respiração, gerando déficit de oxigênio (MATZUSAKI et al., 2004; MERCANTE et al., 2007).

Além do prejuízo que esta situação pode causar nos sistemas de criação, os efluentes de viveiros com contínua renovação de água, muitas vezes utilizada para remover excesso de plâncton e nutrientes da água, podem acarretar deterioração da qualidade da água do corpo receptor (BOYD, 2004). Segundo SMITH e SCHINDLER (2009) a eutrofização causada pela atividade antrópica é o principal problema que enfrentam as águas superficiais nos dias atuais.

De acordo com MERCANTE, et al. (2007), a descrição de características físicas, químicas e biológicas de viveiros de criação pode contribuir para a

manutenção de níveis adequados de qualidade da água; de acordo com os padrões recomendados pela literatura especializada e pela legislação competente, melhorando o desenvolvimento desta atividade. Em relação às questões ambientais, o monitoramento da qualidade da água e o conhecimento dos diversos fatores que atuam no metabolismo destes sistemas, podem fornecer subsídios para minimizar os impactos gerados pelo lançamento de efluentes ricos em nutrientes.

Portanto, estudos voltados à caracterização limnológica e ao entendimento da dinâmica dos sistemas de criação se fazem importantes para que a aquicultura desenvolva-se, cada vez mais, de forma ambientalmente sustentável. O tema qualidade da água em sistemas de policultivo de tilápias com *M. rosenbergii* foi tratado por diversos autores, entre eles destacam-se ASADUZZAMAN et al. (2008); ASADUZZAMAN et al. (2009A,B); DANAHER et al. (2007); UDDIN et al. (2008); UDDIN et al. (2009). Entretanto, no Brasil, este ainda é um assunto pouco estudado.

O policultivo de tilápias e camarões pode ser um aliado para a melhoria da qualidade da água, já que, de acordo com Dos SANTOS e VALENTI (2002), as fezes das tilápias e os resíduos de ração, que iriam contribuir para a poluição no monocultivo, podem se transformar em biomassa de alto valor econômico no policultivo. Dessa forma, há uma diminuição das formas nitrogenadas e fosfatadas disponíveis na coluna d'água, reduzindo o impacto ambiental causado pelo efluente.

O cálculo das cargas de nutrientes (nitrogênio e fósforo) geradas pelo efluente permite estimar a exportação destes compostos ao corpo receptor. No entanto, apenas a carga do efluente não nos permite inferir sobre o efeito do manejo nas concentrações destes compostos, já que se deve levar em consideração a quantidade de nutrientes oriundas da água de abastecimento (afluente). Portanto, ao estimar a carga do efluente e subtrair dos valores estimados para o afluente, pode-se determinar a exportação líquida de nutrientes e o impacto do manejo no sistema considerado.

Objetivos Gerais

- Avaliar a qualidade da água do viveiro de policultivo, através de sua caracterização física, química e biológica;
- Descrever o efeito de manejo alimentar sobre a qualidade da água do viveiro e do efluente;
- Avaliar as cargas líquidas de nutrientes (nitrogênio e fósforo) geradas pelo efluente do viveiro e caracterizar o aporte, retenção e exportação de nitrogênio e fósforo do sistema de policultivo;
- Sugerir práticas de manejo sustentáveis.

Área de estudo

O local utilizado para o estudo foi a estação experimental, pertencente ao Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Vale do Paraíba – APTA Regional – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (SAA-SP), situado no bairro de Santa Cecília, município de Pindamonhangaba a 22°56'27"S e 45°26'32,2"W no estado de São Paulo (Figura 1).

O município de Pindamonhangaba apresenta uma área de 731,90 Km². O clima na região é sub-tropical quente, com inverno seco e com baixa pluviosidade. As temperaturas médias anuais variam de 17° C a 20° C e as mínimas e as máximas no verão são respectivamente 21° C e 32° C. A umidade relativa e a temperatura do ar apresentam médias anuais de 75,9% e 20,4° C, respectivamente. As chuvas são bem distribuídas apresentando média anual de 1000 mm (<http://www.pindamonhangaba.sp.gov.br>).



Figura 1: Mapa de localização do Município de Pindamonhangaba, Estado de São Paulo. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pindamonhangaba>, acesso em 25 de julho de 2011.

A fonte da água de abastecimento do sistema (Figura 2) era proveniente da Represa do Borba.

Foi utilizado um viveiro de 1.500 m² (Figura 3), com profundidade média de 1,60 m e volume de 1.620 m³. Dez dias antes do enchimento do viveiro, foi aplicada cal virgem na proporção de 100 g m⁻², utilizado para a desinfecção do mesmo. Depois de lavado e três dias antes do povoamento com os camarões, o viveiro foi fertilizado com 4 g m² de superfosfato simples e 4 g m² de sulfato de amônia, para aumentar a quantidade de alimento natural para os camarões durante as primeiras semanas de criação.

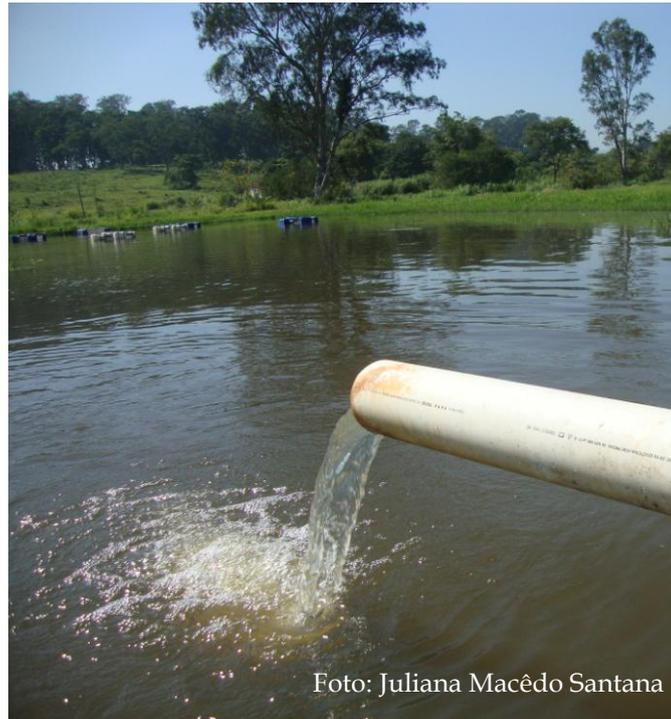


Foto: Juliana Macêdo Santana

Figura 2: Água de abastecimento do viveiro de policultivo de tilápias, confinadas em tanques-rede, e camarões livres.



Foto: Juliana Macêdo Santana

Figura 3: Vista do viveiro de 1.500 m² utilizado para a criação das tilápias confinadas em tanques-rede e camarões livres, em sistema de policultivo.

O viveiro inicialmente foi povoado com pós-larvas de camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) na densidade de 3,3 animais m⁻², em 16 de

janeiro de 2009. Após 33 dias foram instalados 12 tanques-rede de 1m³ cada (Figura 4), povoados com machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas densidades de 200, 300 e 400 peixes m⁻³, configurando um delineamento experimental ao acaso, com quatro repetições para cada densidade.



Figura 4: Detalhe dos tanques-rede de 1 m³, utilizados para confinamento das tilápias.

Um aerador “paddle-wheel”, com motor de 1 HP, foi acionado diariamente durante as últimas horas da noite e primeiras horas da manhã (das 2:00 às 8:00h).

O efluente do viveiro era descartado por um vertedouro de superfície ou emergencial (Figura 5), que foi aberto nos momentos em que ocorriam florações de algas, e outro de fundo através do monge (figura 6). O efluente era lançado diretamente no corpo receptor (Ribeirão do Borba), que é um tributário do Ribeirão do Curtume, que por sua vez, integra uma das sub-bacias do Rio Paraíba do Sul.

Este estudo é parte de projeto maior intitulado: “Indicadores de sustentabilidade na produção de tilápia em tanques rede em policultivo com camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*)”, com coordenação do Dr. Helcio Luis de Almeida Marques - Pesquisador Científico do Instituto de Pesca

e com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2008/57788-0.



Figura 5: Detalhe do monge (vertedouro), destacando o efluente do viveiro.



Figura 6: Detalhe do vertedouro de superfície, destacando o efluente do viveiro.

Apresentação da dissertação

A dissertação foi apresentada em 2 capítulos na forma de artigos. O primeiro capítulo seguiu as normas da revista *Boletim do Instituto de Pesca* e o segundo da *Revista Brasileira de Zootecnia*. A produção bibliográfica (resumos apresentados em Congressos) gerada com os resultados desta dissertação foi citada na página inicial de cada capítulo.

Capítulo I: Caracterização física, química e biológica da água de um sistema de policultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e camarão (*Macrobrachium rosenbergii*)

Foi avaliada a qualidade da água do viveiro de policultivo, com tilápias confinadas em tanques-rede e camarões livres, através de sua caracterização física, química e biológica.

Capítulo II: Avaliação do efluente gerado por sistema de policultivo (tilápias e camarões) através das cargas de nitrogênio e fósforo

Foram avaliadas as cargas líquidas de nutrientes geradas pelo efluente do viveiro, visando caracterizar o aporte, retenção e exportação de nitrogênio e fósforo do sistema de policultivo.

Referências bibliográficas

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; AZIM, M.E.; HAQUE, S.; SALAM, M.A., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, 280: 117–123.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; BENERJEE, S.; AKTER, T.; HASAN, M.M.; AZIM, M.E. 2009a. Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. **Aquaculture**, 287: 371–380.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; MONDAL, M.N.; AZIM, M.E. 2009b. Effects of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and addition of different levels of tilapia *Oreochromis niloticus* on production in C/N controlled periphyton based system. **Aquaculture**, 286: 72–79.

BOYD, C.E. 2004. Feeding affects pond water quality. **Global Aquaculture Advocate**. p.29-30. Jun.

DANAHER, J.J.; TIDWELL, J.H.; COYLE, S.D.; DASGUPTA, S.; ZIMBA, P.V. 2007. Effects of two densities of caged monosex Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, on water quality, phytoplankton populations and production when polycultured with *Macrobrachium rosenbergii* in temperate ponds. **J. World Aquaculture Soc.**, v.38, n.3, p.367-382.

Dos SANTOS, M. J. M; VALENTI, W, C. 2002. Production of nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. **J. World Aquaculture Soc.**, v.33, n.3, p.369-376.

FAO, 2008. Subcomité sobre Acuicultura de la FAO. ¿Cómo responder a la demanda creciente de acuicultura? Puerto Varas, Chile, 6 al 10 de octubre 2008. Disponível em <http://www.rlc.fao.org/es/pesca/subco.htm>. Acesso em 25 de julho de 2011.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J.L.N.; ROCHA, A.A. 2004. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Rev. Saúde Pública**, 38(5): 679-686.

MERCANTE, C. T. J., MARTINS, Y. K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. 2007. Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, Campinas, 21, 2, 79-88.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; LOURENÇO, E.M.; BRAGA, F.M.S. 2010. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. Maringá, v. 32, n. 1, p. 9-15.

SMITH, V.H.; SCHINDLER, D.W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends Ecol. Evol.** Vol.24 No.4. 201-207.

TIAGO, G.G.; GIANESELLA, S.M.F. 2003. O uso da água pela aquicultura: estratégias e ferramentas de implementação de gestão. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 29(1): 1 – 7.

UDDIN, M.S.; MILSTEIN, A.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.; VERRETH, J. 2008. Effects of stocking density, periphyton substrate and supplemental feed on biological processes affecting water quality in earthen tilapia-prawn polyculture ponds. **Aquaculture Research**, 39: 1243-1257.

UDDIN, M.S.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. 2009. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and

production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. **Aquaculture**, 297: 99–105.

Capítulo I

*Caracterização física, química e biológica da água de um sistema de policultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e camarão (*Macrobrachium rosenbergii*)*

Produção bibliográfica relacionada ao conteúdo deste capítulo:

ARAUJO-SILVA, S. L.; MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F.; SANTANA, J. M.; MARQUES, H. L. A.; MAINARDES-PINTO, C. S. R. Alterações na qualidade da água do efluente de sistema de policultivo de tilápia e camarão durante um ciclo de produção. II Encontro de pós-graduandos do Instituto de Pesca (EpgIP). Santos, 2010.

SANTANA, J.M.; MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F.; ARAUJO-SILVA, S.L.; MARQUES, H. L. A.; MAINARDES-PINTO, C. S. R. Caracterização física, química e biológica da água em policultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com camarão da malásia (*Macrobrachium rosenbergii*). V Seminário de Iniciação Científica do Instituto de Pesca (SICIP). Santos, 2010.

MERCANTE, C. T. J.; RODRIGUES, C. J.; CARMO, C. F.; ARAUJO-SILVA, S.L.; OSTI, J.A.S.; SACIOTO, A.; MAINARDES-PINTO, C. S. R.; MARQUES, H. L. A.; GENARO, A. Gas dynamics in a polyculture pond (tilapia and malasian prawn) in tropical region, rainy season. Word Aquaculture Society (WAS). Natal, 2011.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E BIOLÓGICA DA ÁGUA DE UM SISTEMA DE POLICULTIVO DE TILÁPIA E CAMARÃO*

Sérgio Leandro ARAÚJO-SILVA⁽¹⁾, Cacilda Thais Janson MERCANTE⁽²⁾, Clovis Ferreira do CARMO⁽²⁾, João Alexandre Saviolo OSTI⁽³⁾, Juliana Macedo SANTANA⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Aluno de Pós-Graduação do Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos, Avenida Francisco Matarazzo, N° 455, CEP 05001-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: sergiol.bio@gmail.com

⁽²⁾ Pesquisador Científico do Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos.

⁽³⁾ Doutorando pelo Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista - CAUNESP - Jaboticabal.

⁽⁴⁾ Aluna do Programa de Iniciação Científica do Instituto de Pesca (PIBIC).

* Apoio financeiro: FAPESP (processo 2008/57788-0).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do viveiro de policultivo, com tilápias confinadas em tanques-rede e camarões livres, por meio da caracterização física, química e biológica. O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Pólo APTA do Vale do Paraíba, situado em Pindamonhangaba (SP). Foi utilizado um viveiro de 1.500 m², com profundidade média de 1,60 e volume de 1.620 m³. O viveiro inicialmente foi povoado pós-larvas de camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) na densidade de 3,3 animais m⁻². Após 33 dias foram instalados 12 tanques-rede de 1m³ cada, povoados com machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) nas densidades de 200, 300 e 400 peixes m⁻³, com quatro repetições para cada tratamento. Foram realizadas 20 coletas semanais de água durante o período de 21 de janeiro a 04 de junho de 2009. As variáveis analisadas foram temperatura, transparência da água, sólidos totais suspensos, condutividade elétrica, alcalinidade total, dureza total, pH, oxigênio dissolvido, ortofosfato, fósforo total, nitrogênio amoniacal total, nitrogênio total e clorofila-a. Os parâmetros temperatura da água, oxigênio dissolvido e fósforo total estiveram fora dos padrões recomendados pela literatura especializada ou pela legislação vigente. As demais variáveis não sofreram alterações de forma a comprometer o processo de criação e a exceder os valores de referência da legislação vigente e literatura especializada.

Palavras-chave: Qualidade-da-água; Tanque-rede; oxigênio; fósforo.

PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF A TILÁPIA AND PRAWN POLYCULTURE SYSTEM

ABSTRACT

This study evaluated the water quality of a polyculture pond with tilápias confined in cages and free prawns, through its physical, chemical and biological characterization. The experiment was conducted at the Aquaculture Sector, Vale do Paraiba, Pindamonhangaba (SP). The study took place in a pond of 1500 m², with 1,60 m and 1620 m³ of average depth and approximate volume, respectively. The pond was first populated with shrimp post-larvae (*Macrobrachium rosenbergii*) at 3.3 animals m⁻². After 33 days, 12 net cages stocked with juvenile male tilápia (*Oreochromis niloticus*) were installed in the pond at 200, 300 and 400 fish m⁻³, setting four net cages for each density. Twenty water sampling were performed weekly during the period of January 21 to June 4, 2009. The variables analyzed were temperature, water transparency, total suspended solids, electrical conductivity, total alkalinity, total hardness, pH, dissolved oxygen, orthophosphate, total phosphorus, total ammonia nitrogen, total nitrogen and chlorophyll-a. The parameters water temperature, dissolved oxygen and total phosphorus were outside the standards recommended by the literature or by legislation. The other variables did not change in order to interfere the production process and did not exceed the reference values of legislation and literature.

Keywords: Water quality; net-cages; oxygen; phosphorus.

INTRODUÇÃO

Na aquicultura, o manejo da qualidade da água desempenha importante papel já que os piscicultores devem manter condições adequadas nos viveiros para o crescimento dos peixes (KONNERUP *et al.*, 2011). Quando em situações de inadequada qualidade da água, os peixes podem apresentar redução no desempenho produtivo e maior mortandade, acarretando uma menor produtividade e lucratividade (BACCARIN and CAMARGO, 2005).

O manejo alimentar, associado ao adensamento dos animais, pode causar alterações na disponibilidade de nutrientes da água do viveiro (SIPAÚBA-TAVARES, *et al.*, 1999), de modo que o arraçoamento, a fertilização e o acúmulo de fezes dos

animais contribuem para o enriquecimento, principalmente por nitrogênio e fósforo, da água. O acúmulo de formas nitrogenadas e fosfatadas promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas; processo denominado eutrofização artificial. Esta é uma condição preocupante, já que pode ocorrer a mortandade de peixes devido à prevalência, no período noturno, dos processos de respiração, gerando déficit de oxigênio (MERCANTE *et al.*, 2007).

Dentre as formas nitrogenadas, o N-amoniaco é particularmente prejudicial aos animais criados, podendo causar prejuízos diversos aos animais e mortalidades massivas nos viveiros (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). O nitrito (NO_2^-) geralmente aparece em baixas concentrações ($<0,5 \text{ mg L}^{-1}$), já que é convertido à nitrato (NO_3^-) rapidamente através do processo de nitrificação (MALLASEN and VALENTI, 2006). Este, segundo ARANA (2004), parece não ser um sério problema em relação a toxidez, exceto em sistemas de recirculação, onde altas concentrações de nitrato podem ser alcançadas como resultado da nitrificação da amônia.

Evitar o acúmulo de resíduos é uma forma de minimizar a quantidade de compostos que, direta ou indiretamente, afetariam os animais.

Segundo KONNERUP *et al.* (2011), a descarga de efluentes de empreendimentos aquícolas ricos em nutrientes pode causar a eutrofização e outros efeitos deletérios nos corpos d'água receptores.

O policultivo, que é a criação de dois ou mais organismos no mesmo sistema, pode ser um aliado na remoção de resíduos, já que os camarões convertem restos de alimentos e fezes em biomassa (Dos SANTOS and VALENTI, 2002), contribuindo para uma melhoria na qualidade da água.

O tema qualidade da água em sistemas de policultivo de tilápias com *M. rosenbergii* foi tratado por diversos autores (ASADUZZAMAN *et al.*, 2008; ASADUZZAMAN *et al.*, 2009A,B; DANAHER *et al.*, 2007; UDDIN *et al.*, 2008; UDDIN *et al.*, 2009). Entretanto, no Brasil, este ainda é um assunto pouco estudado.

A descrição de características físicas, químicas e biológicas de viveiros de criação pode contribuir para a manutenção de padrões adequados de qualidade da água, de acordo com os recomendados pela literatura especializada e pela legislação competente, melhorando o desenvolvimento desta atividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água do viveiro de policultivo, com tilápias confinadas em tanques-rede e camarões livres, por meio de sua caracterização física, química e biológica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo e caracterização do viveiro

O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Pólo APTA do Vale do Paraíba, situado em Pindamonhangaba (SP). Foi utilizado um viveiro de 1.500 m², com profundidade média de 1,60 m e volume de 1.620 m³. Antes do preenchimento foi aplicada cal virgem na proporção de 100 g.m⁻², utilizado para a desinfecção do mesmo e posteriormente (depois de lavado) foi fertilizado com 4 g.m⁻² de superfosfato simples e 4 g.m⁻² de sulfato de amônia. Um aerador “paddle-wheel”, com motor de 1 HP, foi acionado diariamente durante as últimas horas da noite e primeiras horas da manhã (das 2:00 às 8:00h).

O viveiro inicialmente foi povoado com 4.922 pós-larvas de camarão da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*) na densidade de 3,3 animais.m⁻², com comprimento e peso médio inicial de 2,44 cm e 0,12 g. Após 33 dias foram instalados 12 tanques-rede de 1m³ cada, povoados com machos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio ao redor de 48,0 g, nas densidades de 200, 300 e 400 peixes.m⁻³, configurando um delineamento experimental ao acaso, com quatro repetições para cada densidade.

As pós-larvas de *M. rosenbergii* foram arraçadas apenas nos primeiros 30 dias de estocagem, utilizando ração com teor protéico de 32%. As tilápias receberam ração extrusada, também com 32% de teor protéico, na quantidade diária que variou de 0,75% a 4% da biomassa estimada de peixes no decorrer do experimento. A ração foi fornecida duas vezes ao dia (8:00 e 16:00h), exceto quando a temperatura da água era menor que 19°C, sendo então interrompido o arraçamento.

O viveiro apresentava renovação contínua de água, com o efluente liberado por um vertedouro de fundo e outro de superfície. As vazões foram determinadas pelo método volumétrico, que se baseia no tempo gasto para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente de volume conhecido.

Amostragens

Foram realizadas coletas semanais, n=20, durante o período de 21 de janeiro a 04 de junho de 2009 (identificadas de 1 a 20), sempre entre 9 e 10 horas. O ponto amostrado foi na região central do viveiro a 1m de profundidade, utilizando-se a garrafa de Van Dorn (5L).

Para as medições de temperatura da água (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) e condutividade elétrica (µS.cm⁻¹), foi utilizado, *in situ*, o aparelho da marca HORIBA modelo U-22. A transparência da água foi determinada através do desaparecimento visual do disco de Secchi. Os parâmetros dureza total (mg.L⁻¹ CaCO₃) e alcalinidade total (mg.L⁻¹ CaCO₃) foram determinados imediatamente após as coletas em laboratório (Tabela 1).

Para as análises de nitrogênio amoniacal total, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total, as amostras foram congeladas e encaminhadas ao Laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos do Instituto de Pesca de São Paulo.

Tabela 1: Variáveis físicas, químicas e biológicas e suas respectivas metodologias.

Variáveis	Referência	Metodologia/material	Unidade
Temperatura		Sonda potenciométrica	°C
Transparência da água		Desaparecimento visual do Disco de Secchi	Metros (m)
STS	APHA (1998)	Pesagem do filtro	mg.L ⁻¹
CE	Horiba U-22	Sonda potenciométrica	µS.cm ⁻¹
Alcalinidade total	GOLTERMAN and CLYMO (1971)	Titulação	mg.L ⁻¹
Dureza total	APHA (1998)	Titulação	mg.L ⁻¹
pH	Horiba U-22	Sonda potenciométrica	
OD	Horiba U-22	Sonda potenciométrica	mg.L ⁻¹
Ortofosfato	STRICKLAND and PARSONS (1960)	Espectrofotômetro	µg.L ⁻¹
PT	VALDERRAMA (1981)	Espectrofotômetro	µg.L ⁻¹
NAT	NESSLER (APHA, 1998)	Espectrofotômetro	mg.L ⁻¹
NT	VALDERRAMA (1981)	Espectrofotômetro	mg.L ⁻¹
Clorofila-a	MARKER <i>et al.</i> , (1980); SARTORY and GROBELLAR (1984)	Espectrofotômetro	µg.L ⁻¹

Onde: STS = sólidos totais em suspensão; CE = condutividade elétrica; OD = oxigênio dissolvido; PT = fósforo total; NAT = nitrogênio amoniacal total; NT = nitrogênio total.

Para estimar a concentração de clorofila-a, a água foi transferida para frascos de polietileno de 5L de capacidade (envoltos com papel alumínio) e mantidos em isopor com gelo até a chegada ao laboratório, onde foram filtradas imediatamente em bomba de vácuo. Para a filtração foram utilizados filtros Millipore com tamanhos de poros

variando entre 0,8 a 8,0 μm . A técnica de extração dos pigmentos foi realizada através do etanol 90% utilizado como solvente orgânico.

Os resultados das análises foram comparados com os padrões de qualidade específicos para a classe de enquadramento em questão (classe 2), estabelecidos na legislação ambiental brasileira vigente, conforme resolução CONAMA 357 e, quando não contemplados por esta resolução, foram comparados com dados sugeridos pela literatura especializada.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva (médias, desvios padrão e amplitudes) para posterior avaliação e interpretação dos resultados.

Os dados de precipitação durante o período de criação foram fornecidos pela Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Vale do Paraíba.

RESULTADOS

A figura 1 apresenta a precipitação registrada em Pindamonhangaba durante os meses em que ocorreu o ciclo de engorda dos animais no processo produtivo.

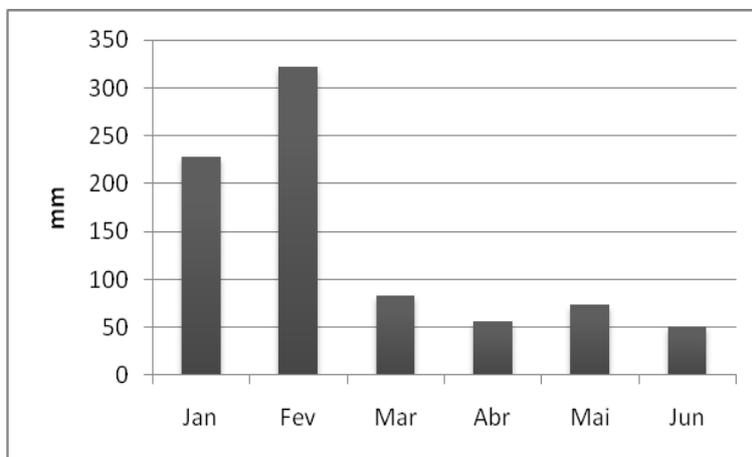


Figura 1: Precipitação mensal em Pindamonhangaba durante os meses de janeiro a julho.

A vazão média do viveiro foi de 4,46 $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ (Figura 2) e o tempo de residência médio de 5,07 dias, configurando-o como um ambiente intermediário (tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico), segundo Resolução CONAMA 357.

A figura 3 apresenta a dinâmica das variáveis limnológicas analisadas durante o período de estudo - temperatura da água, transparência da água, pH, oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais suspensos (STS), condutividade elétrica (CE), dureza total, alcalinidade total, ortofosfato, fósforo total (PT), nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrogênio total (NT) e clorofila-a.

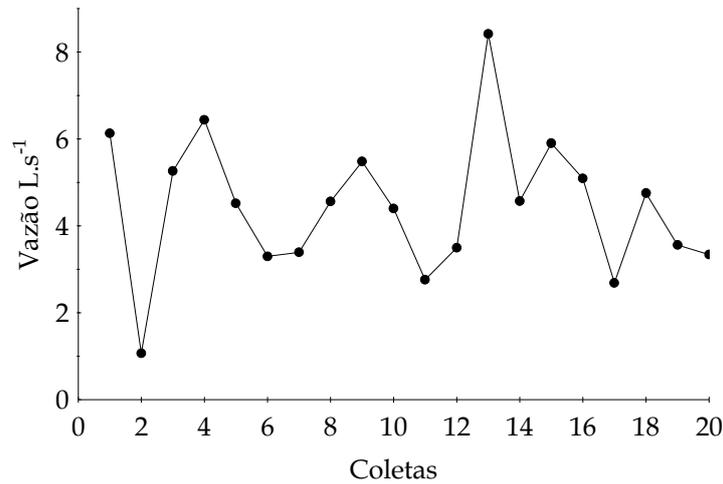
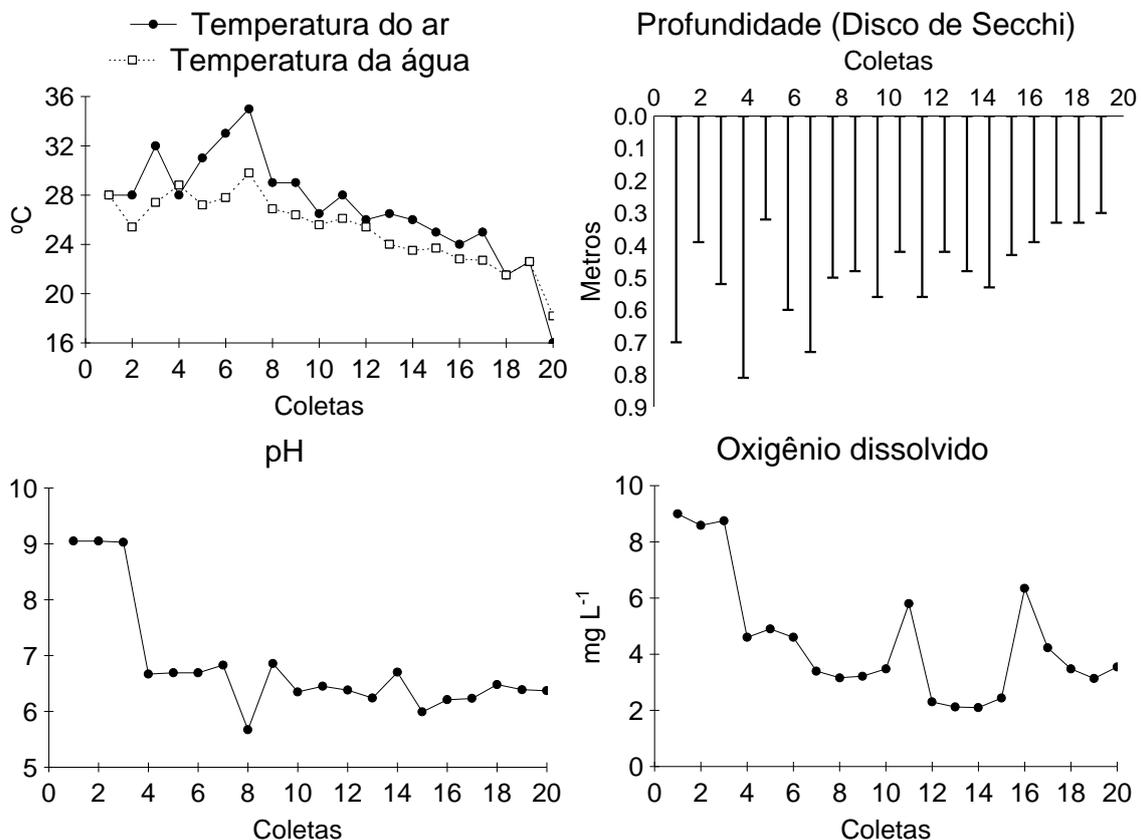


Figura 2: Variação semanal da vazão no viveiro de policultivo de tilápias (*Oreochromis Niloticus*) e camarões (*Macrobrachium rosenbergii*).



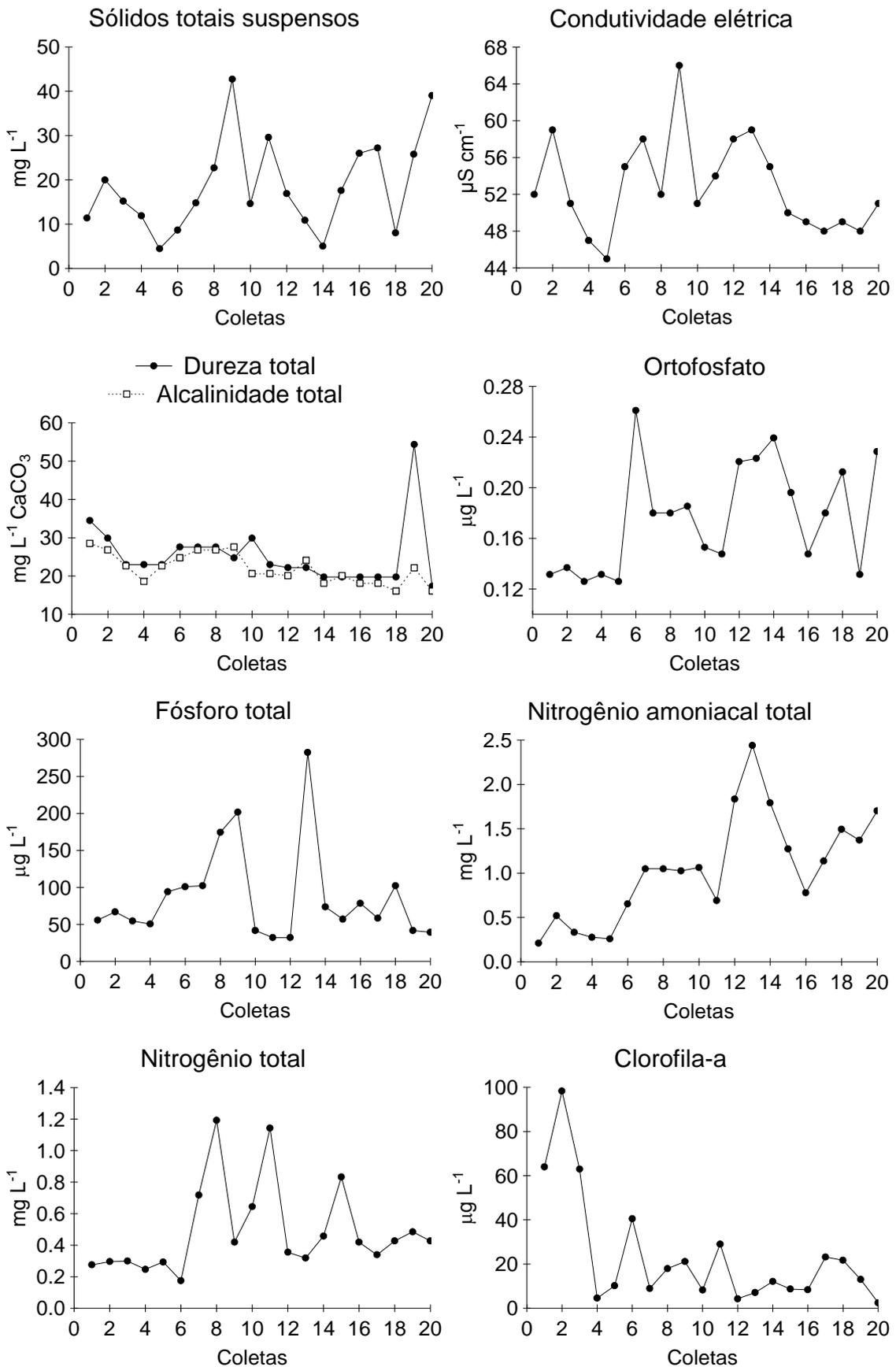


Figura 3: Variação semanal das variáveis limnológicas analisadas durante o período de criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) e camarões (*Macrobrachium rosenbergii*).

Os parâmetros temperatura da água, OD e PT estiveram fora dos padrões recomendados pela literatura especializada ou pela legislação vigente (tabela 2).

Os parâmetros STS e ortofosfato não possuem valores de referência na tabela 2 devido à escassez de trabalhos na literatura que contemplam estes aspectos.

Tabela 2: Valores médios com desvios padrão e amplitude (entre parêntesis) das variáveis limnológicas (n=20) analisadas durante o ciclo de criação e valores de referência, segundo a literatura especializada ou legislação vigente.

Parâmetros	Valor	Valor de referência	Fonte
Temperatura da água (°C)	25,2 ± 2,8 (18,2 - 29,8)	29 - 31	POPMA and LOVSHIN (1995) para tilápias; CHEN and CHEN (2003) para <i>M. rosenbergii</i>
Transparência da água (m)	0,49 ± 0,14 (0,3 - 0,81)	0,30 - 0,50	KUBITZA (2003) para viveiros de peixes e camarões
STS (mg.L ⁻¹)	18,6 ± 10,5 (4,4 - 42,7)	-	-
CE (µS.cm ⁻¹)	52,8 ± 5,1 (45 - 66)	23 - 71	SIPAÚBA-TAVARES (1994)
Alcalinidade total (mg.L ⁻¹)	21,6 ± 3,6 (16,1 - 27,6)	20 - 120 ^a 20 - 180 ^b	ARANA (2004) a- para peixes; b - para camarões
Dureza (mg.L ⁻¹)	25,4 ± 8,1 (17,3 - 54,3)	20 ^a 110 ^c	ARANA (2004) a- para peixes; c - para <i>M. rosenbergii</i>
pH	6,8 ± 1,0 (5,7 - 9,0)	6,5 - 8	Resolução CONAMA 357/2005
OD (mg.L ⁻¹)	4,2 ± 2,2 (2,1 - 9,0)	> 5	Resolução CONAMA 357/2005
Ortofosfato (µg.L ⁻¹)	0,18 ± 0,04 (0,13 - 0,26)	-	-
PT (µg.L ⁻¹)	87,1 ± 63,9 (32,4 - 282,2)	≤ 50*	Resolução CONAMA 357/2005
NAT (mg.L ⁻¹)	1,05 ± 0,61 (0,21 - 2,44)	3,7 mg/L N para pH ≤ 7,5	Resolução CONAMA 357/2005
NT (mg.L ⁻¹)	0,49 ± 0,28 (0,17 - 1,19)	<2,18**	Resolução CONAMA 357/2005
Clorofila-a (µg.L ⁻¹)	23,34 ± 25,03 (2,48 - 98,33)	≤ 30	Resolução CONAMA 357/2005

*Para ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico.

**Para ambientes lóticos.

DISCUSSÃO

A temperatura da água possui considerável influência regulatória na produtividade do sistema, além de afetar o metabolismo dos peixes (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1999). O valor médio de temperatura da água obtido no presente trabalho foi de 25,19 °C, abaixo do recomendado para as duas espécies (Tabela 3), com exceção da coleta 7. Tal fato esteve relacionado com as temperaturas ambientais do período de criação (Figura 1).

O valor médio de transparência registrado neste estudo esteve dentro do proposto por KUBITZA (2003), que varia entre 0,30 e 0,50 m para viveiros de peixes e camarões (Tabela 3). OSTI (2009), em monocultivo de tilápias realizado no mesmo local do presente estudo, obteve transparência média de 0,35 m, valor inferior ao encontrado no atual experimento (0,49 m). Este autor relatou concentração média de clorofila-a de 46,97 µg.L⁻¹; valor superior ao encontrado no presente estudo (23,34 µg.L⁻¹). Isso explica a maior transparência no policultivo. MAINARDES-PINTO e MERCANTE (2003), em viveiro povoado com tilápias, registraram transparência entre 0,25 e 0,30 m, atribuída à presença excessiva de algas, que atenuavam a passagem da luz.

A presença de elevadas concentrações de STS e clorofila-a, atuam de forma a diminuir a penetração da luz, porém, estes apresentaram valores relativamente baixos (Tabela 3). As concentrações de STS variaram entre 4,44 e 42,69 mg.L⁻¹. MAINARDES-PINTO e MERCANTE (2003) encontraram valores que variaram de 26 a 63,3 mg.L⁻¹. Estes autores sugeriram que estas concentrações não interferem na produtividade primária do sistema, por meio da inibição da penetração da luz, o que poderia interferir no processo fotossintético.

O valor médio de transparência encontrado neste experimento, aliado às baixas concentrações obtidas de clorofila-a, pode indicar baixa produtividade primária no viveiro, o que pode ser atribuído, muito provavelmente, à contínua renovação de água (vazão média de 4,46 L s⁻¹ e tempo de residência médio de 5,07 dias).

Os valores de condutividade elétrica variaram de 45 a 66 µS.cm⁻¹, sendo que todas as amostras, portanto, estiveram dentro do recomendado por SIPAÚBA-TAVARES (1994) (tabela 3). MAINARDES-PINTO e MERCANTE (2003) registraram valores próximos aos obtidos no presente estudo (36 a 59 µS.cm⁻¹). Estes autores sugeriram que estes valores não indicaram elevados níveis de materiais em decomposição.

Os valores máximos registrados para as variáveis CE e STS foram verificados na coleta 9 (Figura 3), fato que pode ser explicado pelo ressuspensão do sedimento devido à chuva ocorrida no dia (23,2 mm).

Os valores de alcalinidade total e dureza total não demonstraram ampla variabilidade, exceto na 19ª semana de coleta, em que se observou concentração de 54,32 mg.L⁻¹ de dureza (Figura 1). Isso pode ter ocorrido devido a uma possível entrada de materiais dissolvidos e particulados, oriundos do escoamento superficial, que podem ter sido carregados pela chuva (8,6 mm), ocorrida um dia antes da coleta.

O valor médio de alcalinidade total (21,61 mg.L⁻¹) esteve dentro do proposto por ARANA (2004) para a criação de peixes e camarões de água doce. Entretanto, viveiros com alcalinidade abaixo de 30 mg.L⁻¹ podem apresentar valores de pH entre 9 e 10 nos finais de tarde e a toxicidade da amônia pode se tornar problemática (POPMA and LOVSHIN, 1996).

CAVALCANTE *et al.* (2009) afirmaram que, para melhor crescimento de tilápias, os valores ideais de alcalinidade e dureza podem estar relacionados com os diferentes estágios de desenvolvimento das mesmas e recomendaram maiores investigações sobre o tema.

Os teores médios de dureza total (25,42 mg.L⁻¹) estiveram próximos ao proposto por ARANA (2004) no que se refere ao ideal para tilápias, contudo, para a criação do *M. rosenbergii*, este parâmetro se mostrou abaixo do recomendado por este autor (Tabela 3).

Para a elevação das concentrações de dureza e alcalinidade pode-se utilizar a calagem; procedimento simples e usual, utilizados em aquicultura para neutralizar a acidez e aumentar a alcalinidade, o que aumenta a produtividade. O cálcio e o magnésio contido na cal podem ser absorvidos pela biota aquática, adsorvido pelo solo ou se dissolver em água. Contudo, em viveiros com fluxo contínuo de água, não há técnica definida para a calagem, já que vários fatores afetam a dinâmica destes sistemas (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2003). Dessa forma, sabendo que o viveiro do presente estudo apresenta a renovação contínua da água, a calagem foi utilizada apenas para a desinfecção do solo antes do enchimento.

O valor médio do pH (6,82) esteve dentro do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 3). Segundo POPMA and LOVSHIN (1996), as tilápias parecem crescer mais quando em pH perto do neutro ou ligeiramente alcalino. Para CHEN and CHEN (2003), contudo, a faixa ideal de pH para o camarão *M. rosenbergii*

está entre 7,0 - 8,5. Os valores de pH se mostraram abaixo de 7, exceto nas três primeiras coletas, onde registrou-se média de 9,0 (Figura 1), provavelmente devido à calagem realizada antes do enchimento do viveiro e ao maior consumo de CO₂ neste período, já que havia uma elevada concentração de clorofila-a na água, sugerindo intenso processo fotossintético durante o dia.

A concentração média de OD no policultivo (4,22 mg.L⁻¹) esteve abaixo do valor recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 3). Os teores elevados de OD nas primeiras semanas podem ser explicados pela ausência das tilápias, já que foram introduzidas apenas 33 dias após os camarões. Dessa forma, houve um menor consumo pela respiração e menor carga orgânica a ser decomposta. A maior concentração de clorofila-a nas três primeiras semanas também favoreceu a produção de oxigênio durante o dia.

A acentuada diminuição das concentrações de OD e do pH verificadas na coleta 4 (Figura 3) são explicadas pela redução das concentrações de clorofila-a de 62,9 µg.L⁻¹ para 4,6 µg.L⁻¹ (coleta 3 e 4, respectivamente). Isso ocorreu devido à abertura do vertedouro de superfície, liberando rapidamente a biomassa algal via efluente. A redução dos níveis de OD e pH ocorreram devido à baixa taxa fotossintética neste período, o que acarretou menor remoção de CO₂ e menor liberação de O₂ durante o dia.

JIANG *et al.* (2005), afirmaram que o OD é um dos mais importantes parâmetros relacionados ao estresse na aquicultura e pode ser afetado por muitos fatores, como uma mudança súbita ou morte da população dominante de fitoplâncton, grande reprodução de zooplâncton no viveiro e decomposição de matéria orgânica acumulada, incluindo ração e fezes, nos quais podem diminuir bruscamente a concentração deste elemento.

O período compreendido entre as semanas 11 e 15 foi o que apresentou menor concentração média (2,95 mg.L⁻¹) de OD (Figura 1), equivalente à 38,8% de sua saturação.

Camarões de água doce ficam estressados quando em concentrações abaixo de 2 mg.L⁻¹ de OD (ROGERS and FAST, 1988; RAHMAN *et al.*, 2010) e, segundo CHENG *et al.* (2003) é frequentemente recomendado a manutenção de níveis acima de 5 mg.L⁻¹ em sistemas intensivos de criação.

Para criação de tilápias, POPMA and LOVSHIN (1996) recomendaram a manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido acima de 3 mg.L⁻¹, já que o metabolismo

e crescimento podem ser prejudicados quando em concentrações menores por períodos prolongados. Estes dados corroboram a pesquisa de TRAN-DUY *et al.* (2008), já que verificaram maior crescimento e consumo de ração por tilápias submetidas a concentrações de 5,6 mg.L⁻¹, quando comparadas a concentrações de 3,0 mg.L⁻¹. BOYD (2008) afirmou que para peixes de águas quentes, é desejável manter a porcentagem de saturação de oxigênio acima de 64%, de modo que em exposições prolongadas entre 13 – 64% os peixes crescem menos.

Os resultados indicaram que os teores de OD estiveram, por algumas semanas, abaixo dos padrões ideais para o crescimento dos peixes e camarões.

Com relação aos componentes fosfatados, MERCANTE *et al.* (2007) afirmaram que o ortofosfato ou fósforo solúvel reativo é o elemento biologicamente assimilável pelo fitoplâncton. Estes autores registraram valores acima de 20 µg.L⁻¹ durante uma caracterização diurna da qualidade da água em viveiros de tilápias, não ocorrendo limitação deste nutriente às algas. As baixas concentrações de ortofosfato registradas neste experimento (0,18 µg.L⁻¹) demonstraram que a maior parcela de fósforo esteve nas formas não hidrolisadas, o que pode ter ocorrido devido à elevada vazão, já que gradualmente as formas de fósforo são hidrolisadas à ortofosfato.

O fósforo (P) não é considerado crítico para o crescimento dos peixes, já que este não é tóxico nas concentrações geralmente encontradas na aquicultura (KONNERUP *et al.*, 2011). Este elemento (bem como o nitrogênio) é considerado importante fator para a eutrofização em ambientes aquícolas, assim, é desejável que a sobrecarga de P das criações de peixes seja mantida a um nível mínimo. Isto pode ser conseguido apenas se a quantidade de P na dieta for regulada a níveis próximos dos necessários pelos peixes (SATOH *et al.*, 2002). Contudo, segundo MONTROYA *et al.* (2000), é prática comum a superdosagem de fósforo nas rações, já que a disponibilidade do fósforo inorgânico nos ingredientes não é totalmente conhecida, de modo que os produtores preferem fornecer fósforo em excesso para prevenir problemas de crescimentos nos animais.

Os valores de concentrações de PT apresentaram ampla variabilidade durante o experimento (32,40 a 282,21 µg.L⁻¹) sendo que em 75% das coletas foi excedido o valor referência de 50 µg.L⁻¹. O valor médio obtido (87,14 µg.L⁻¹) também foi superior ao limite recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 3).

OSTI (2009), em monocultivo com densidade de tilápias (2,5 peixes.m⁻²) similar à do presente estudo (2,4 peixes.m⁻²), verificou média de 210 µg.L⁻¹ de PT, valor 141%

superior ao encontrado no presente estudo. A concentração média de NT também apresentou valores superiores no monocultivo de tilápias (1,10 mg.L⁻¹); valor 124,5% maior que do policultivo (0,49 mg.L⁻¹).

As concentrações inferiores de PT e NT no policultivo sugeriram que a presença dos camarões reduziu a liberação de tais compostos, já que as sobras de alimentos e fezes de tilápias foram convertidas em biomassa.

Os valores máximos de PT e NAT (282,2 µg.L⁻¹ e 2,4 mg.L⁻¹, respectivamente) foram verificados na coleta 13 (Figura 3), que apresentou também reduzido teor de OD (2,1 mg.L⁻¹). Tais condições indicaram intensa atividade de decomposição no viveiro.

Os valores médios de NT e NAT estiveram dentro do recomendado pela Resolução CONAMA 375/2005 (Tabela 3). O valor mínimo para o NAT (0,21 mg.L⁻¹) foi observado em 21/01 (coleta 1) e o valor máximo em 16/04 (coleta 13). Verificou-se um incremento nas concentrações de NAT ao longo do período de criação (Figura 1), devido à intensificação do arraçamento.

Sabe-se que a forma não ionizada da amônia (NH₃) é mais tóxica aos animais do que a forma ionizada (NH₄⁺), e que cada forma da amônia é influenciada pelo pH e, em menor grau, pela temperatura e pelo OD (POPMA and LOVSHIN, 1996). Devemos considerar que o pH do sistema permaneceu abaixo de 7 durante o ciclo de criação, o que permitiu que a maior fração de amônia fosse a ionizada (NH₄⁺), já que, segundo POPMA and LOVSHIN (1996), menos de 1% da amônia se encontra na forma tóxica nessas condições.

Mesmo para o valor máximo registrado de NAT, em condições de pH 6,24 e temperatura de 24° C, obtidos no momento em questão, estima-se segundo EMERSON *et al.*, (1975) uma concentração de 0,0027 mg de NH₃ L⁻¹. Baseando-se em POPMA and LOVSHIN (1996), este valor é aceitável para os animais criados, sendo que em concentrações de 0,08 mg.L⁻¹ de amônia não-ionizada (NH₃), começa haver interferência no apetite das tilápias. Já as primeiras mortalidades devido a exposições prolongadas ocorrem em concentrações de 0,2 mg.L⁻¹.

SHAN and OBBARD (2001), afirmaram que camarões de água doce requerem concentrações menores que 0.1 mg.L⁻¹ de amônia não-ionizada, isto é, 1.33-1.53 mg.L⁻¹ em pH 8.0 e temperatura de 28-30 °C, para crescimento ótimo. Considerando o valor médio de 1,05 mg.L⁻¹ e pH abaixo de 7.0, pode-se concluir que este parâmetro não limitou o crescimento dos camarões.

Segundo MATSUZAKI *et al.* (2004), o grande aporte de matéria orgânica pode acarretar desequilíbrio de elementos e nutrientes e, havendo luz, acelera-se a reação de fotossíntese pelo fitoplâncton, de modo que em águas eutrofizadas, podem ocorrer florações de algas. Segundo MERCANTE *et al.* (2007), valores acima de 30 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de clorofila-a podem levar a mortandade de peixes no período noturno, devido à respiração das algas e dos peixes, gerando déficit de oxigênio.

A concentração média de clorofila-a (23,34 $\mu\text{g.L}^{-1}$) mostrou-se dentro do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 3). Estes baixos valores observados podem ser explicados pela elevada vazão, o que configurou tempo de residência médio de 5 dias. O baixo tempo de residência da água dificultou o estabelecimento da biomassa fitoplanctônica no sistema. SIPAÚBA-TAVARES *et al.* (1999) registraram baixos valores de clorofila-a (4,8 a 11,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$) e elevadas concentrações de PT (140 a 829 $\mu\text{g.L}^{-1}$) em sistemas confinados com pacus sob diferentes manejos alimentares. Estes autores também atribuíram estes baixos índices de clorofila-a à perda da biomassa fitoplanctônica via efluente, já que o tempo de residência foi baixo, variando de 0,5 a 4,5 dias.

Na figura 1 pode-se verificar que nas três primeiras semanas de criação, os valores de clorofila-a foram superiores aos demais, indicando a interferência da fertilização, que ocorreu antes do enchimento, sobre esta variável.

Mesmo sabendo que as concentrações de NAT e clorofila-a não estiveram acima do recomendado pela legislação e que o policultivo pode ser um aliado na retenção de compostos orgânicos, foram observadas elevadas concentrações de nutrientes (principalmente fósforo) na água do viveiro, o que pode ter causado alterações no corpo receptor, já que a água foi despejada pelo efluente sem tratamento prévio.

Medidas de boas práticas de manejo, como adequar as técnicas de arraçoamento para não haver sobras de ração e a utilização de rações com boa digestibilidade, devem ser implementadas em sistemas de criação para evitar elevadas concentrações de nutrientes na água, tais como as encontradas neste experimento.

Existem algumas técnicas descritas pela literatura que podem contribuir para alterar as características do efluente. São diversos os trabalhos com sistemas de policultivo que utilizam substratos para a fixação do perifíton com a manipulação da taxa C/N através da adição de carboidratos (ASADUZZAMAN *et al.*, 2008; ASADUZZAMAN *et al.*, 2009A,B; UDDIN *et al.*, 2006), onde conseguiram uma maior remoção de nutrientes e maior produtividade. Trabalhos com relação ao tratamento

dos efluentes por macrofitas aquáticas também mostram-se eficazes no que concerne a remoção de nutrientes (HENRY-SILVA and CAMARGO, 2006; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008; PETRUCIO and ESTEVES, 2000).

CONCLUSÃO

O manejo de produção acarretou a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido para valores abaixo dos recomendáveis pela Resolução CONAMA 357/2005 e literatura especializada. Também elevou as concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT) durante o ciclo de criação, entretanto, tais concentrações não atingiram níveis que comprometessem o sistema produtivo. As elevadas concentrações de fósforo total encontradas no viveiro excederam o valor determinado como limite pela legislação vigente. O sistema de criação não alterou as demais variáveis de forma a comprometer o processo de criação e a exceder os valores de referência da legislação vigente e literatura especializada.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Cleide Schmidt Romeiro Mainardes Pinto.

À FAPESP pelo suporte financeiro, processo 2008/57788-0.

À MSc. Ariane C. Di Genaro, pela atenção e contribuição com este trabalho.

Ao técnico do laboratório Luiz Cláudio dos Santos Evangelista, pelo auxílio nas análises e coletas em campo.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPCF. 1998 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20 ed. Washington, D.C: APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, and WPCF - Water Pollution Control Federation, 1085p.

ARANA, L.V. 2004 *Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. 2. ed. Florianópolis. Ed. da UFSC, 231p.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; AZIM, M.E.; HAQUE, S.; SALAM, M.A. 2008 C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280: 117-123.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; BENERJEE, S.; AKTER, T.; HASAN, M.M.; AZIM, M.E. 2009a Effects of addition of tilapia *Oreochromis niloticus* and substrates for periphyton developments on pond ecology and production in C/N-controlled freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* farming systems. *Aquaculture*, 287: 371-380.

ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; MONDAL, M.N.; AZIM, M.E. 2009b Effects of stocking density of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and addition of different levels of tilapia *Oreochromis niloticus* on production in C/N controlled periphyton based system. *Aquaculture*, 286: 72-79.

BACCARIN, A. E. e CAMARGO, A. F. M. 2005 Characterization and evaluation of the feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(1), 81- 90.

BOYD, C.E. 2008 Dissolved oxygen management in aquaculture. Global Aquaculture Alliance, *Global aquaculture advocate*, p. 60-62.

CAVALCANTE, D.H.; POLIATO, A.S.; RIBEIRO, D.C.; MAGALHÃES, F.B.; SÁ, M.V.C. 2009 Effects of CaCO₃ liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 31(3), p. 327-333.

CHEN, S.M.; CHEN, J.C. 2003 Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 218: 613-623.

CHENG, W.; LIU, C.H.; KUO, C.M. 2003 Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 220: 843-856.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n. 357, de 17 de Março de 2005 Classificação da águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

DANAHER, J.J.; TIDWELL, J.H.; COYLE, S.D.; DASGUPTA, S.; ZIMBA, P.V. 2007 Effects of two densities of caged monosex Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, on water quality, phytoplankton populations and production when polycultured with *Macrobrachium rosenbergii* in temperate ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(3): 367-382.

Dos SANTOS, M. J. M e VALENTI, W, C. 2002 Production of nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(3): 369-376.

EMERSON, K.; RUSSO, R.C.; LUND, R.E.; THURSTON, R.V. 1975 Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effects of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 2379-2383.

GOLTERMAN, H.L. e CLYMO, R.S. 1971 *Methods for chemical analysis of fresh water*. Oxford, Blackwell Scientific Publication. 160p.

HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2006 Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agrícola*, 63: 433-438.

HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2008 Tratamento de efluentes por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(2): 181-188.

JIANG, L.X.; PAN, L.Q.; BO, F. 2005 Effect of dissolved oxygen on immune parameters of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 18: 185-188.

KONNERUP, D; TRANG, N. T. D; BRIX, H. 2011 Treatment of fishpond water by recirculating horizontal and vertical flow constructed wetlands in the tropics. *Aquaculture*, 313: 57-64.

KUBITZA, F. 2003 *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 1 ed. Jundiaí: CIP-USP Editora, 229p.

MAINARDES-PINTO, C.S.R. e MERCANTE, C.T.J. 2003 Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus Linnaeus*), São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, 25(2): 323-328.

MALLASEN, M. e VALENTI, W.C. 2006 Effect of nitrite on larval development of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 261: 1292-1298.

MARKER, A.F.H.; NUSCH, H.; RAI, H.; RIEMANN, B. 1980 The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: conclusion and recommendations. *Archiv für Hydrobiologie – Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 14: 91-106.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J.L.N.; ROCHA, A.A. 2004 Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Revista de Saúde Pública*, 38(5): 679-686.

MERCANTE, C. T. J.; MARTINS, Y. K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. 2007 Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, Campinas, 21(2): 79-88.

MONTOYA, R.A.; LAWRENCE, A.L.; GRANT, W.E.; VELASCO, M. 2000 Stimulation of phosphorus dynamics in an intensive shrimp culture system: effects of feed formulations and feeding strategies. *Ecological Modelling*, 129: 131-142.

OSTI, J.A.S. 2009 *Caracterização da qualidade da água e avaliação do manejo e suas implicações sobre o cultivo de tilápias (Oreochromis niloticus)*. São Paulo. 60p. (Dissertação

de Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes_pg.php> Acesso em: 18 set. 2010.

PETRUCIO, M. M. e ESTEVES, F.A. 2000 Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Revista Brasileira de Biologia*, 60: 229-236.

POPMA, T.J. e LOVSHIN, L.L. 1996 Worldwide prospects for commercial production of tilapia. In: RESEARCH AND DEVELOPMENT SERIES No. 41. International Center for Aquatic Environments. Department of Fisheries and Allied Aquacultures, Auburn University, Alabama, 23p.

RAHMAN, S. M. S.; WAHAB, M. A.; ISLAM, M. A.; KUNDA, M.; AZIM, M. E. 2010 Effects of selective harvesting and claw ablation of all-male freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) on water quality, production and economics in polyculture ponds. *Aquaculture Research*, 41: 404-417.

ROGERS, G.L. e FAST, A.W. 1988 Potential benefits of low energy water circulation in Hawaiian prawn ponds. *Aquacultural Engineering*, 7: 155-165.

SARTORY, D. P. e GROBELLAR, J. U. 1984 Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, 114: 177-187.

SATOH, S.; TAKANEZAWA, M.; AKIMOTO, A.; KIRON, V.; WATANABE, T. 2002 Changes of phosphorus absorption from several feed ingredients in rainbow trout during growing stages and effect of extrusion of soybean meal. *Fisheries Science*, 68: 325-331.

SHAN, H. e OBBARD, J.P. 2001 Ammonia removal from prawn aquaculture water using immobilized nitrifying bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57: 791-798.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. 1994 *Limnologia aplicada à aquicultura*. São Paulo: FUNEP, 70p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MORAES, M.A.G.; BRAGA, F.M.S. 1999 Dynamics of some limnological characteristics in Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. *Revista Brasileira de Biologia*, São Paulo, 59(4): 543-551.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; GOMES, J.P.F. dos S.; BRAGA, F.M.S. 2003 Effect of liming management on the water quality in *Colossoma macropomum* ("Tambaqui"), ponds. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 15(3): 95- 103.

STRICKLAND, J.D. e PARSONS, T.R. 1960 A manual of seawater analysis. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 125: 1-185.

TRAN-DUY, A.; SCHRAMA, J.W.; van DAM, A.A.; VERRETH, J.A.J. 2008 Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275: 152-162.

UDDIN, M.S., AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. 2006 The potential of mixed culture of genetically improved farmed tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in periphyton-based systems. *Aquaculture Research*, 37: 241-247.

UDDIN, M.S.; MILSTEIN, A.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.; VERRETH, J. 2008 Effects of stocking density, periphyton substrate and supplemental feed on biological processes affecting water quality in earthen tilapia-prawn polyculture ponds. *Aquaculture Research*, 39: 1243-1257.

UDDIN, M.S.; AZIM, M.E.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. 2009 Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. *Aquaculture*, 297: 99-105.

VALDERRAMA, J.C. 1981 The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.

Capítulo II

Avaliação do efluente gerado por sistema de policultivo (tilápias e camarões) através das cargas de nitrogênio e fósforo

Produção bibliográfica relacionada ao conteúdo deste capítulo:

ARAUJO-SILVA, S. L.; MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F.; SANTANA, J. M.; MARQUES, H. L. A.; MAINARDES-PINTO, C. S. R.; OSTI, J. A. S. Avaliação do impacto ambiental gerado por sistema de policultivo de tilápias e camarões com ênfase na descarga de fósforo. AQUACIÊNCIA – Recife, 2010.

**Avaliação do efluente gerado por um sistema de policultivo (tilápias e camarões)
através das cargas de nitrogênio e fósforo**

Sérgio Leandro Araújo Silva⁽¹⁾, Cacilda Thais Janson Mercante⁽²⁾, Clovis Ferreira do Carmo⁽²⁾, João Alexandre Saviolo Osti⁽³⁾, Helcio Luis de Almeida Marques⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Aluno de Pós-Graduação do Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos, Avenida Francisco Matarazzo, N° 455, CEP 05001-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: sergiol.bio@gmail.com

⁽²⁾ Pesquisador Científico do Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos.

⁽³⁾ Doutorando pelo Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista – CAUNESP - Jaboticabal.

⁽⁴⁾ Pesquisador Científico do Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Peixes Ornamentais.

ABSTRACT - The purpose of this study was to evaluate the net discharge loads of nutrients generated by the pond and to characterize the uptake, retention and export of nitrogen and phosphorus in the system. The experiment was conducted at the Aquaculture Sector, Vale do Paraíba, Pindamonhangaba (SP), during the period from January 16th to August 4th, 2009. The study took place in a pond of 1500 m², where 12 net cages stocked with juvenile tilapia were installed with densities of 200, 300 and 400 fish m⁻³, setting four net cages for each density. Outside the net cages, the shrimp post-larvae were released in a density of 3.3 animals m⁻². The water sampling was performed weekly in the influent and effluent of the pond. The nutrient concentrations were determined and its loads were calculated by the product between the flow rates and nutrient concentrations. The nutrients net loads calculation was conducted based on the difference between the estimated load for influent and effluent waters of the pond. The mean flow rate of the system was 4.46 L s⁻¹ and the mean residence time 5.07 days. The nutrients concentrations were higher in the effluent (p <0.05) compared to the influent and the total phosphorus (TP) concentration in the effluent was higher than the limit recommended by CONAMA Resolution 357/2005. The net loads showed that the system exported nutrients, with mean values of 0.11 ± 0.06 kg day⁻¹ for total nitrogen (TN) and 0.017 ± 0.010 kg day⁻¹ for TP, indicating that the input load suffered an increase in the concentration of nutrients. We concluded that the changes obtained in the net loads along the production system were associated with the system management practices.

Key words: Eutrophication – flow rate – management – net load.

RESUMO – Objetivou-se avaliar as cargas líquidas de nutrientes geradas pelo efluente do viveiro e caracterizar o aporte, retenção e exportação de nitrogênio e fósforo do sistema de policultivo. O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Pólo Regional do Vale do Paraíba do sistema APTA (Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio), município de Pindamonhangaba (SP), durante o período de 16 de janeiro a 04 de agosto de 2009. Foi utilizado um viveiro de 1.500 m², onde foram instalados 12 tanques-rede povoados com juvenis de tilápias nas densidades de 200, 300 e 400 peixes m⁻³, configurando quatro tanques-rede para cada densidade. Na área do viveiro externa aos tanques-rede foram liberados pós-larvas de camarões, na densidade de 3,3 animais m⁻². As coletas de água foram realizadas semanalmente no afluente e efluente do viveiro. Foram determinadas as concentrações dos nutrientes e suas cargas, calculadas por meio do produto entre os valores de vazão e concentrações de nutrientes. O cálculo da carga líquida de nutrientes foi realizado a partir da diferença entre os valores estimados de carga para a saída e a entrada do viveiro. A vazão média do sistema foi de 4,46 L s⁻¹ e o tempo de residência médio de 5,07 dias. As concentrações dos nutrientes foram superiores no efluente (p<0.05) em relação ao afluente sendo que os teores de fósforo total no efluente foi superior ao recomendado pela resolução CONAMA 357/2005. A avaliação da carga líquida demonstrou que o sistema exportou nutrientes, com valores médios de 0,11 ± 0,06 Kg dia⁻¹ para o nitrogênio total e 0,017 ± 0,010 Kg dia⁻¹ para o PT, indicando que a carga de entrada sofreu um incremento na concentração dos compostos estudados. Concluiu-se que as alterações obtidas na carga líquida, ao longo do ciclo de produção, estiveram associadas às práticas de manejo utilizadas no sistema de criação.

Palavras-chave: Carga líquida – eutrofização – manejo – vazão.

INTRODUÇÃO

A produção de organismos aquáticos, em franco desenvolvimento, vem se impondo como atividade pecuária, embora ainda seja considerada por muitos como um apêndice do setor pesqueiro. A aquicultura abrange principalmente as criações de peixes (piscicultura), camarões (carcinicultura), rãs (ranicultura) e moluscos, ostras e mexilhões (malacocultura), e outros cultivos aquáticos, como o cultivo de algas que são praticados em menor escala. A piscicultura é o ramo da aquicultura que trata da criação de peixes em ambientes confinados (Scorvo Filho, 2007). Valenti (2000) considera que essa atividade está embasada em três pilares: a produção lucrativa, o desenvolvimento social e a preservação do meio ambiente, tendo os mesmos uma relação intrínseca e interdependente para que se tenha uma atividade perene. A aquicultura acarreta impactos ambientais, especialmente pelos efluentes gerados (Henry-Silva & Camargo, 2008). Geralmente, o arrazoamento é o principal responsável pelo aumento das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P) nos sistemas. Avnimelech & Ritvo (2003), afirmam que a retenção média de nutrientes por peixes e camarões é de 29% para N e 16% para o P. Isso significa que boa parte destes nutrientes pode ser liberada no corpo receptor. Tal fato é agravado nos viveiros com renovação contínua de água, já que o efluente libera constantemente cargas de N e P. Boyd (2004) acrescenta que a renovação da água, muitas vezes utilizada para remover excesso de plâncton e nutrientes do viveiro, pode acarretar a uma deterioração da qualidade da água do corpo receptor. A determinação das concentrações de nutrientes segue o disposto na legislação vigente (Resolução CONAMA 357/2005) estabelecendo os padrões a serem seguidos, tanto no corpo aquático quanto no seu efluente, enquanto a determinação das cargas de nutrientes leva em consideração a vazão do sistema. O balanço de massa, que é uma

descrição quantitativa de todo material que entra, sai e se acumula em um sistema com fronteiras definidas (Salah et al., 2005), permite a caracterização do impacto do manejo sobre o corpo receptor. Considerando-se que o balanço de massa do viveiro de criação nada mais é do que a determinação da carga líquida gerada por esse sistema, admitiu-se que os compostos avaliados na dinâmica do viveiro foram resultados do manejo empregado no sistema produtivo. Partindo-se desse pressuposto, os objetivos do presente estudo foram avaliar as cargas líquidas de nutrientes (N e P) geradas pelo efluente do viveiro e caracterizar o aporte, retenção e exportação de nitrogênio e fósforo do sistema de policultivo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Aquicultura do Pólo APTA do Vale do Paraíba, situado em Pindamonhangaba (SP), durante o período de 21 de janeiro a 04 de junho de 2009. Foi utilizado um viveiro de 1.500 m², com profundidade média de 1,6 metros, onde foram instalados 12 tanques-rede de 1 m³ povoados com juvenis de tilápias (*Oreochromis niloticus*) distribuídos em triplicatas nas densidades de 200, 300 e 400 peixes m⁻³, obtendo-se uma densidade de 2,4 peixes m⁻² na área total do viveiro. Na área do viveiro externa aos tanques-rede foram liberados pós-larvas de camarões (*Macrobrachium rosenbergii*), na densidade de 3,3 organismos m⁻². A densidade total de peixes e camarões no viveiro foi de 5,7 organismos m⁻².

Antes do enchimento do viveiro foi aplicada cal virgem na proporção de 100 g m⁻², utilizado para a desinfecção do mesmo. Depois de lavado e três dias antes do povoamento com os camarões, o viveiro foi fertilizado com 4 g m² de superfosfato simples e 4 g m² de sulfato de amônia.

As tilápias receberam ração extrusada com 32% de teor protéico em quantidade diária variando entre 0,75% a 4% da biomassa de peixes no decorrer do experimento, em função do crescimento das mesmas. A ração foi fornecida duas vezes ao dia (8:00 e 16:00h) e, em temperaturas da água abaixo de 19°C, os peixes não eram arraçoados. As pós-larvas de *M. rosenbergii* foram arraçoadas apenas nos primeiros 30 dias de estocagem, utilizando ração com teor protéico de 32%. Um aerador “paddle-wheel”, com motor de 1 HP, foi acionado diariamente durante as últimas horas da noite e primeiras horas da manhã (das 2:00 às 8:00 h).

Amostras de água foram coletadas semanalmente no afluente (água de abastecimento) e efluente (vertedouro) de viveiro. As amostras foram congeladas e encaminhadas ao Laboratório do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Recursos Hídricos do Instituto de Pesca em São Paulo em frascos de polietileno (1 litro de capacidade), para posterior análise da concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT).

As análises de NT e PT seguiram as técnicas descritas por Valderrama (1981) para o processo de digestão. Os produtos da oxidação (nitrato, nitrito e ortofosfatos) foram determinados por processos colorimétricos segundo Mackereth et al., (1978), para os íons nitrogenados, e Strickland & Parsons (1960), para fosfatados.

O viveiro apresentava renovação contínua de água, com o efluente liberado por um vertedouro de fundo e outro de superfície. As vazões foram determinadas pelo método volumétrico, que se baseia no tempo gasto para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente de volume conhecido.

As cargas de NT e PT foram estimadas por meio do produto entre os valores de vazão ($L s^{-1}$) e concentrações de nutrientes ($\mu g L^{-1}$) no afluente e efluente do sistema. As unidades foram posteriormente adequadas para $kg dia^{-1}$. O cálculo da carga líquida

foi feito a partir da diferença entre os valores de carga estimados para o efluente e o afluente do viveiro.

$$Cl = Cs - Ce$$

sendo:

Cl= Carga líquida

Cs= Carga da saída (efluente)

Ce= Carga da entrada (afluente)

Os dados (n=20) de aporte via afluente e retirada via efluente de nutrientes foram logaritimizadas na base 10 para a devida normalização e, posteriormente, submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para avaliação de diferenças significativas entre os pontos amostrados. O programa utilizado para estes cálculos foi o BioEstat 5.0.

Os resultados das análises foram comparados com os padrões de qualidade dos efluentes, específico para a classe de enquadramento em questão, estabelecidos na legislação ambiental brasileira vigente, conforme resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de PT no efluente não apresentaram incremento acentuado ao longo do período de criação, contudo, os valores obtidos, tanto para o nitrogênio como para o fósforo, foram diferentes ($p < 0.05$) dos valores do afluente (Tabela 1). Isso evidenciou o efeito do manejo, devido ao confinamento de animais e arraçoamento, sobre estas variáveis.

Tabela 1: Concentrações médias de nitrogênio total e fósforo total com desvios padrão, amplitudes (entre parênteses) e análise estatística Anova com Tukey comparando o afluente e efluente do viveiro (valores com letras diferentes indicam diferenças significativas).

	Afluente	Efluente
Concentração NT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	184,81 \pm 96,38 ^a (54,27 - 363,88)	472,97 \pm 245,77 ^b (167,76 - 1.232,03)
Concentração PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	33,88 \pm 23,72 ^a (9,90 - 98,39)	90,59 \pm 75,42 ^b (21,75 - 374,55)

Mainardes-Pinto & Mercante (2003), afirmaram que o enriquecimento de nutrientes, principalmente de N e P, em viveiros de piscicultura é bastante comum, devido à entrada de compostos advindos do arraçoamento e fertilização, e que o manejo inadequado dessas fontes de nutrientes, associados a uma série de outros fatores bióticos e abióticos (como biomassa, luz, temperatura) pode ocasionar prejuízos tanto ambientais quanto financeiros.

Os valores de concentração de PT no efluente foram superiores ao recomendado pela Resolução CONAMA 357 (Figura 1), já que os valores médios estiveram acima do limite de 50 $\mu\text{g L}^{-1}$, indicado para águas de classe II, destinadas à aquicultura e atividade de pesca.

Na coleta 8 (Figura 1), observou-se o valor máximo de PT no efluente do viveiro. Nesta coleta também foi verificado valor elevado para a concentração de NT (705,9 $\mu\text{g L}^{-1}$) e reduzido para o teor de oxigênio dissolvido (3,2 mg L^{-1}), quando comparados com suas respectivas médias no efluente. Isso pode ter ocorrido devido às chuvas verificadas um e dois dias antes da coleta (16,9 e 7,8 mm, respectivamente), que possivelmente carregaram matéria orgânica das subjacências para o interior do viveiro. Isso, aliado ao material orgânico oriundo do arraçoamento e fezes, promoveu intensa

atividade de decomposição no sistema, o que explica os elevados teores de nutrientes e reduzido teor de oxigênio.

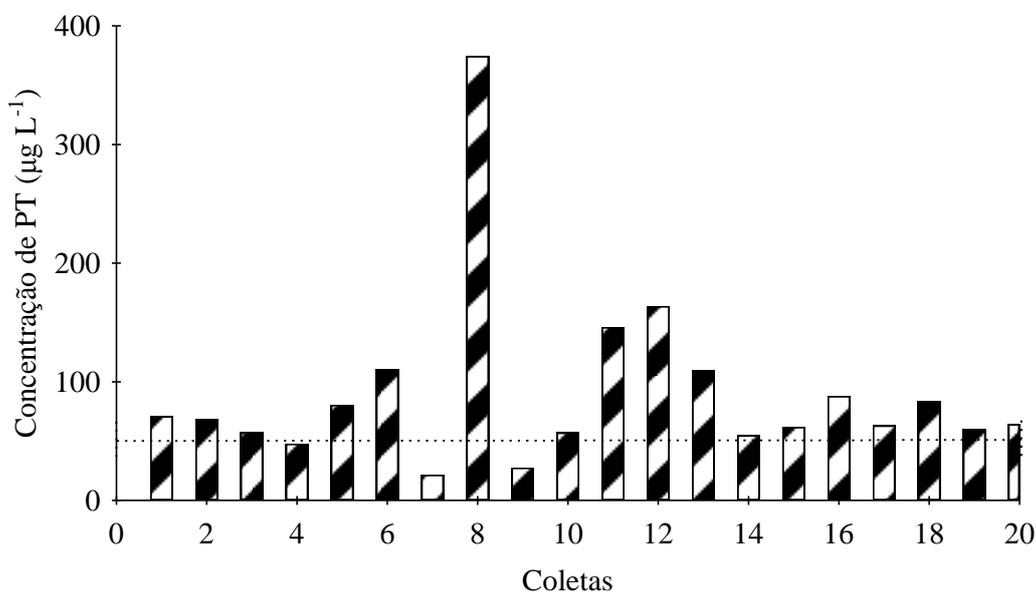


Figura 1: Concentrações de PT no efluente. A linha tracejada representa o valor recomendado pela Resolução CONAMA (< 50 µg L⁻¹ advindos de ambiente intermediário da classe II).

A vazão média do viveiro foi de 4,5 L s⁻¹ e o tempo de residência médio de 5 dias, configurando-o como um ambiente intermediário (tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico), segundo Resolução CONAMA 357.

Segundo Sipaúba-Tavares et al. (1999) é comum, quando em situação de má qualidade da água nos viveiros, aumento no fluxo de água em grandes quantidades, reduzindo o tempo de residência e, conseqüentemente, liberando rapidamente matéria orgânica, sais inorgânicos, nutrientes, plâncton, entre outros componentes dos viveiros, que possam estar prejudicando a produção no determinado momento. No presente experimento, o vertedouro de superfície foi aberto quando em situações de diminuição da transparência, devido à proliferação do fitoplâncton. Isso explicou as variações nos valores de vazão (Figura 2) e a reduzida concentração média de clorofila-a encontrada

no efluente ($24 \mu\text{g L}^{-1}$), quando comparada à recomendação pela Resolução CONAMA 357 ($< 30 \mu\text{g L}^{-1}$).

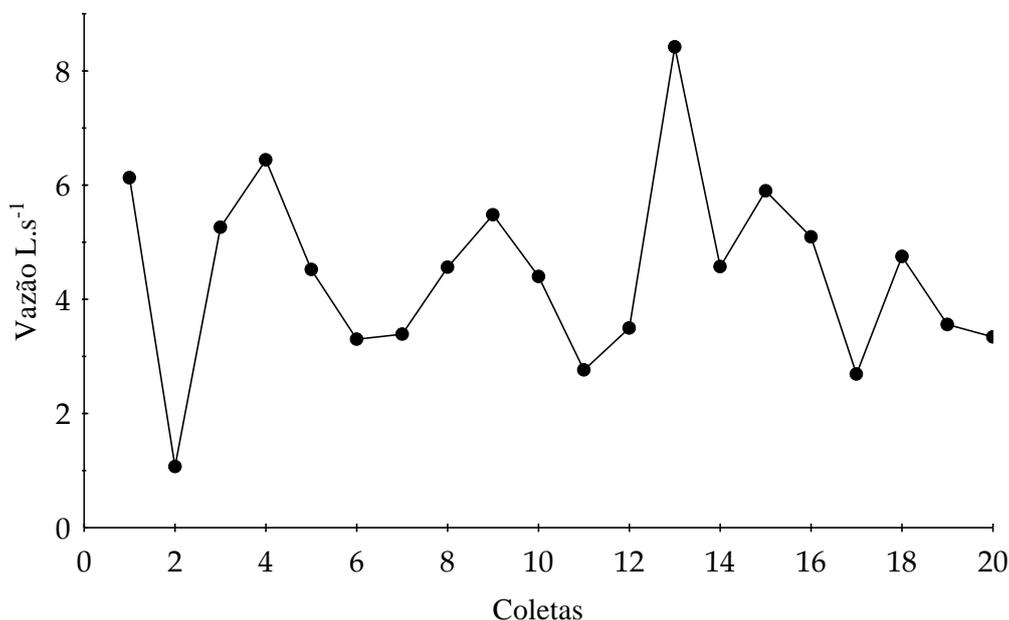


Figura 2: Variação semanal da vazão no viveiro de policultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) e camarões (*Macrobrachium rosenbergii*).

De acordo com Sipaúba-Tavares et al. (2003), a entrada e saída de água constante com curto tempo de residência e o manejo não controlado da ração e da água de abastecimento são alguns dos fatores que atuam diretamente na dinâmica dos nutrientes e acrescentam que no período de alta produção, a adição de ração é mais intensa e os fatores climáticos como temperatura e precipitação têm forte efeito na dinâmica desses sistemas.

O tempo de residência relativamente curto não permite a transformação de nitrogênio pelas bactérias ou assimilação pelas algas nos sistemas de criação e grande parte desse nutriente acaba eliminado nos efluentes (Mires, 1995). No presente estudo detectou-se incremento nas concentrações de NT no efluente do viveiro ao longo do ciclo de criação, o que corrobora a afirmação do autor.

Para aumentar a capacidade de retenção de nutrientes pelo viveiro, reduzindo assim as cargas liberadas ao ambiente, deve-se diminuir ao máximo possível a

renovação de água (Boyd & Queiroz, 2001; Figueirêdo et al., 2006), de modo que a elevada vazão controla a dinâmica do fósforo no meio em relação a sua adsorção pelo sedimento (Boyd & Hulcher, 2002).

A carga média diária, via afluente, de NT, foi de $0,07 \pm 0,04$ kg dia⁻¹ e a carga de saída, via efluente, de $0,18 \pm 0,10$ kg dia⁻¹. Os valores da carga de NT apresentaram uma elevada variabilidade temporal, oscilando de $0,0057$ kg dia⁻¹ a $0,18$ kg dia⁻¹ no afluente e de $0,027$ kg dia⁻¹ a $0,42$ kg dia⁻¹ no efluente. Para a carga média diária de PT, os valores foram $0,014 \pm 0,0097$ kg dia⁻¹ no afluente e de $0,03 \pm 0,02$ kg dia⁻¹ via efluente. A amplitude foi de $0,003$ kg dia⁻¹ a $0,05$ kg dia⁻¹ no afluente e $0,006$ kg dia⁻¹ a $0,15$ kg dia⁻¹ no efluente.

A carga líquida indicou que o sistema produtivo se comportou como exportador de nutrientes. A figura 3 apresenta o balanço de nitrogênio representado pela caixa esquemática baseada na mediana e com distribuição em quartis. Os resultados demonstraram que 75% dos dados obtidos no campo referem-se a um incremento de até $0,13$ kg dia⁻¹ na massa de nitrogênio transportada no efluente do sistema de produção. O primeiro quartil, no entanto, demonstrou que o sistema apresentou transição entre importador (cargas maiores no afluente em relação ao efluente) e exportador.

Para o fósforo (Figura 4) obteve-se resultado semelhante no primeiro quartil (transição entre importador e exportador), sendo que 50% dos dados associados à mediana apresentaram incremento de $0,003$ a $0,026$ kg dia⁻¹ na carga líquida.

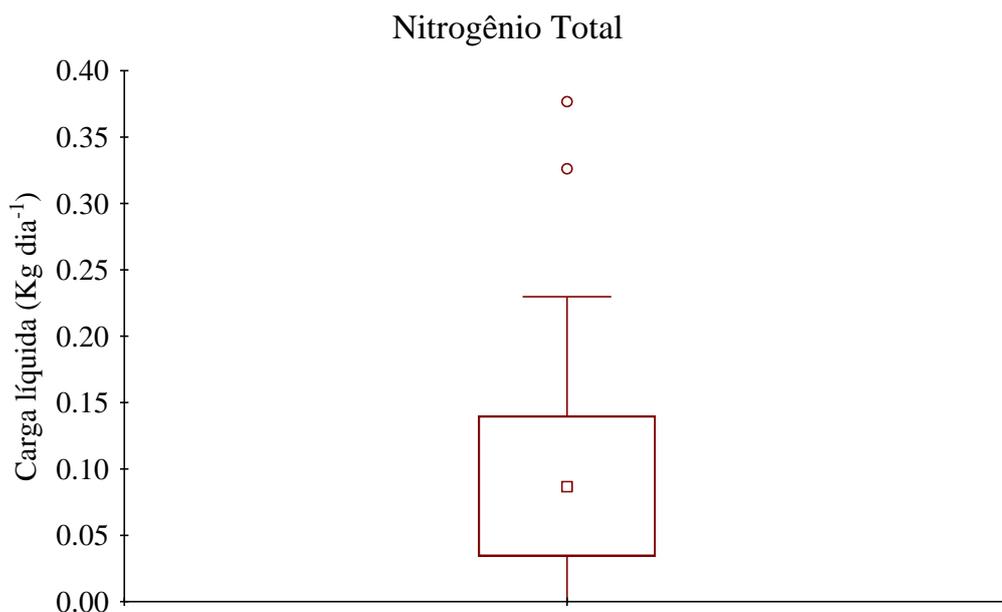


Figura 3: Gráfico tipo boxplot representando a carga líquida de nitrogênio no sistema de policultivo de tilápias e camarões.

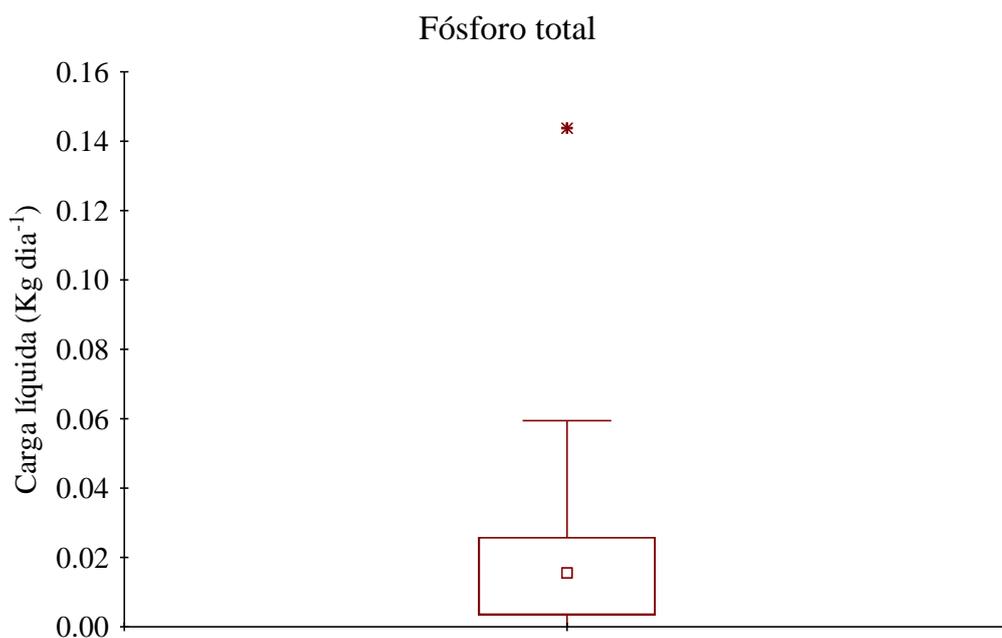


Figura 4: Gráfico tipo boxplot representando a carga líquida de fósforo no sistema de policultivo de tilápias e camarões.

A característica observada na avaliação dos resultados da sobrecarga de nitrogênio e fósforo indicou que o manejo empregado no policultivo contribuiu para a alteração das características químicas do efluente. O controle de vazão do viveiro, com

baixo tempo de residência da água, pode ter influenciado os mecanismos de retenção de nutrientes pelo sedimento e absorção pelo fitoplâncton.

De acordo com Valenti (2008), a produção simultânea de mais de um organismo aquático em sistemas de policultivo melhora a conversão alimentar em comparação à observada em monocultivos. Dessa forma, a utilização destes sistemas pode minimizar a liberação de compostos nitrogenados e fosfatados na coluna d'água, melhorando sua qualidade, quando comparado aos sistemas de monocultivo. Este fato pode ser corroborado pelos dados da tabela 2, que apresenta os valores de carga do afluente, efluente e a carga líquida dos nutrientes neste estudo e em outros estudos.

Tabela 2: Valores médios de cargas e carga líquida de NT e PT em diferentes sistemas de produção

Local		CN (Kg/dia)	CP (Kg/dia)	CLN (Kg/dia)	CLP (Kg/dia)	DE (m ²)	BF (Ton/ha)	Referência																																																																		
Viveiro de policultivo	Afluente	0,072	0,0136	0,107	0,017	2,4	10,9	Este estudo																																																																		
	Efluente	0,179	0,031						Viveiro de criação de tilápias	Afluente	0,053	0,01	0,259	0,039	2,33	15,5	Pereira (2008) ¹	Efluente	0,312	0,049	Viveiro de carcinicultura	Afluente	0,018	0,007	0,029	0,002	-	1,5	Pereira (2008) ¹	Efluente	0,047	0,009	Viveiro de ranicultura	Afluente	0,0018	0,0002	0,014	0,014			Pereira (2008) ¹	Efluente	0,016	0,014	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		90,88	10,65					Mercante et al., no prelo 2011	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		28,12	3,21					Mercante et al., no prelo 2011	Jusante do reservatório de Taiapuêba, SP		16	0,4					Sendacz et al., 2005	Jusante do reservatório de Jundiaí, SP		1,46
Viveiro de criação de tilápias	Afluente	0,053	0,01	0,259	0,039	2,33	15,5	Pereira (2008) ¹																																																																		
	Efluente	0,312	0,049						Viveiro de carcinicultura	Afluente	0,018	0,007	0,029	0,002	-	1,5	Pereira (2008) ¹	Efluente	0,047	0,009	Viveiro de ranicultura	Afluente	0,0018	0,0002	0,014	0,014			Pereira (2008) ¹	Efluente	0,016	0,014	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		90,88	10,65					Mercante et al., no prelo 2011	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		28,12	3,21					Mercante et al., no prelo 2011	Jusante do reservatório de Taiapuêba, SP		16	0,4					Sendacz et al., 2005	Jusante do reservatório de Jundiaí, SP		1,46	0,07					Sendacz et al., 2005						
Viveiro de carcinicultura	Afluente	0,018	0,007	0,029	0,002	-	1,5	Pereira (2008) ¹																																																																		
	Efluente	0,047	0,009						Viveiro de ranicultura	Afluente	0,0018	0,0002	0,014	0,014			Pereira (2008) ¹	Efluente	0,016	0,014	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		90,88	10,65					Mercante et al., no prelo 2011	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		28,12	3,21					Mercante et al., no prelo 2011	Jusante do reservatório de Taiapuêba, SP		16	0,4					Sendacz et al., 2005	Jusante do reservatório de Jundiaí, SP		1,46	0,07					Sendacz et al., 2005																		
Viveiro de ranicultura	Afluente	0,0018	0,0002	0,014	0,014			Pereira (2008) ¹																																																																		
	Efluente	0,016	0,014						Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		90,88	10,65					Mercante et al., no prelo 2011	Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		28,12	3,21					Mercante et al., no prelo 2011	Jusante do reservatório de Taiapuêba, SP		16	0,4					Sendacz et al., 2005	Jusante do reservatório de Jundiaí, SP		1,46	0,07					Sendacz et al., 2005																														
Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		90,88	10,65					Mercante et al., no prelo 2011																																																																		
Efluente de pesqueiro, sub-bacia Tiête Cabeceiras, SP		28,12	3,21					Mercante et al., no prelo 2011																																																																		
Jusante do reservatório de Taiapuêba, SP		16	0,4					Sendacz et al., 2005																																																																		
Jusante do reservatório de Jundiaí, SP		1,46	0,07					Sendacz et al., 2005																																																																		

Sendo: CN: Carga de nitrogênio; CP: Carga de fósforo; CLN: Carga líquida de nitrogênio; CLP: Carga líquida de fósforo; DE: Densidade de estocagem; BF: Biomassa final.

¹ Pereira J. S. (Instituto de Pesca). Dados não publicados. São Paulo, 2008.

Dentre os sistemas de criação citados na tabela 2, a carcinicultura foi a atividade que menos exportou nutrientes via efluente. A biomassa produzida ($1,5 \text{ ton ha}^{-1}$), entretanto, foi 7,2 vezes menor que no policultivo. Já os valores de carga encontrados por Mercante et al., (no prelo 2011) nos efluentes de pesqueiros são notadamente superiores aos encontrados neste estudo e por Pereira (2008)¹. O viveiro de criação de tilápias estudado por Pereira (2008)¹ (Tabela 2), foi o mesmo utilizado neste estudo, porém a ração fornecida continha 28% de proteína bruta, a vazão média do sistema foi de $2,7 \text{ L s}^{-1}$, tempo de residência da água de 8 dias sem o uso dos tanques-rede. Apesar do maior tempo de residência, o sistema comportou como exportador, com valores 2,24 e 2,42 vezes superiores aos encontrados no presente estudo para PT e NT, respectivamente, como mostra a figura 5.

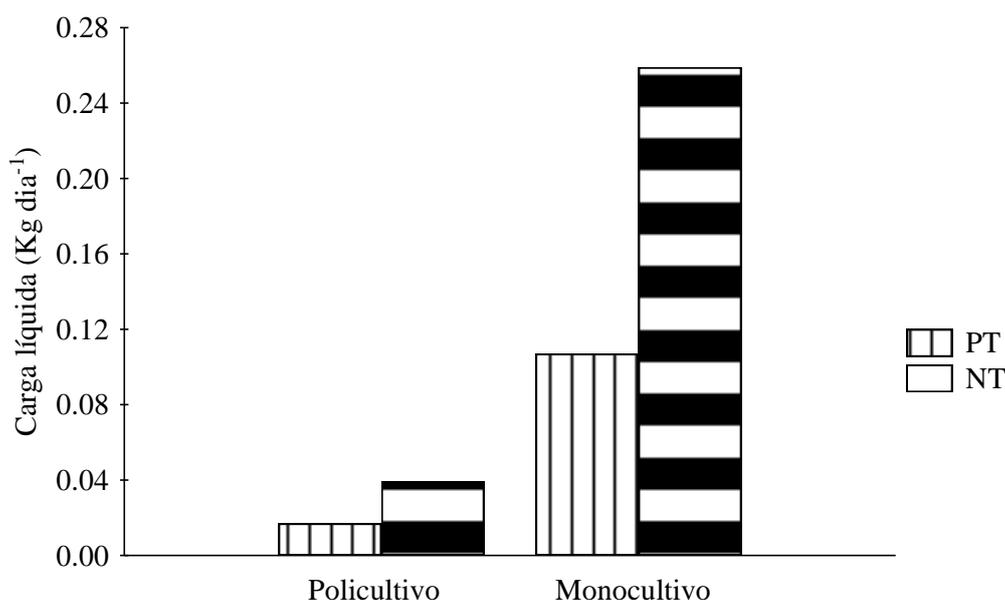


Figura 5: Comparação entre valores de NT e PT exportados no monocultivo de tilápias (Pereira, 2008) e policultivo de tilápias e camarões.

A biomassa produzida no viveiro de monocultivo de tilápias foi de $15,5 \text{ ton ha}^{-1}$; 41% superior ao estudo atual ($10,9 \text{ ton ha}^{-1}$). Há, contudo, de se considerar que o período de criação das tilápias no monocultivo foi de outubro de 2006 a março de 2007, sendo que a média da temperatura da água foi de $28,13^\circ \text{ C}$. Já no policultivo, a

temperatura média da água foi de 25,19° C. Além disso, o peso médio inicial das tilápias no monocultivo foi de 191 gramas e, no policultivo, de 48,4 gramas. Esses fatores contribuíram para a menor biomassa produzida no policultivo.

A hipótese fundamentada no presente estudo partiu da premissa de que a introdução do camarão em um sistema produtivo de peixes tende a contribuir na redução da exportação de nutrientes pelo efluente do viveiro. Parte dos compostos químicos presentes na ração não aproveitada e nas fezes dos peixes seriam convertidas pelos camarões em biomassa, reduzindo o impacto ambiental do processo produtivo e ampliando a viabilidade econômica do empreendimento.

Santos & Valenti (2002), verificaram em um sistema de policultivo com tilápias e camarões livres, a densidade de estocagem de 6 camarões m⁻² não afetou a produção de tilápias, não requereu maior taxa de arraçoamento e nem alterações significativas no manejo.

Sugerimos a alteração da densidade de 3,3 camarões m⁻² do presente estudo para 6 camarões m⁻², sem alterações na taxa de arraçoamento. Assim o efeito de mitigação na carga líquida seria efetivamente maior, influenciando na sustentabilidade ambiental do sistema produtivo, com elevação do resultado financeiro da criação.

As boas práticas de manejo, tais como técnicas adequadas de arraçoamento e uso de rações com alta digestibilidade, além da utilização de policultivos e a diminuição ao máximo possível da renovação de água, também são opções que podem promover maior retenção de nutrientes, diminuindo as cargas liberadas via efluente.

CONCLUSÕES

As concentrações de nutrientes foram superiores no efluente em relação ao afluente, fato que evidenciou a influência do manejo de criação utilizado no sistema de confinamento de animais através da sobrecarga de compostos químicos lançada na água através do arraçoamento. A caracterização do efluente, em relação à concentração de fósforo, permitiu concluir que o sistema está fora do estabelecido na legislação vigente. A avaliação da carga líquida demonstrou que o sistema se comportou como exportador de nutrientes, indicando que a carga de entrada sofreu um incremento na concentração dos compostos estudados.

As alterações obtidas na carga líquida, ao longo do ciclo de produção, estiveram diretamente associadas às práticas de manejo utilizadas no sistema de criação.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Cleide Schmidt Romeiro Mainardes Pinto.

À FAPESP pelo suporte financeiro, processo 2008/57778-8.

Ao técnico do laboratório Luiz Cláudio dos Santos Evangelista, pelo auxílio nas análises e coletas em campo.

REFERÊNCIAS

AVNIMELECH, Y., RITVO, G. Shrimp and fish pond soils: processes and management. **Aquaculture**, v.220, p.549–567, 2003.

BOYD, C.E. Feeding affects pond water quality. **Global Aquaculture Advocate**. p.29-30. Jun, 2004.

BOYD, C. E. HULCHER, R. Best managements practices established for channel catfish farming in Alabama. **AAES Highlights**, v. 1, p. 1-4, 2002.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J.F. Nitrogen, phosphorus loads vary by system, USEPA should consider system variables in setting new effluent rules. **Global Aquaculture Advocate**, v.4, n.6, p.84-86, 2001.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 2005. 23 p.

Dos SANTOS, M. J. M; VALENTI, W, C. Production of nile tilapia *Oreochromis niloticus* and freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* stocked at different densities in polyculture systems in Brazil. **J. World Aquaculture Soc.**, v.33, n.3, p.369-376, 2002.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; MORAIS, L.F.S.; PAULINO, W. D.; GOMES, R. B. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Eng. Sanit. Ambient.** v. 11, n. 3, p. 231-240, 2006.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.181-188, 2008.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** Kendall: Titus Wilson & Son Ltd. Freshwater Biological Association Scientific Publication. 1978. 120 p.

MAINARDES-PINTO, C.S.R.; MERCANTE, C.T.J. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus Linnaeus*), São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v.25, n.2, p.323-28, 2003.

MERCANTE, C.T.J.; PEREIRA, J.S.; MARUYAMA, L.S.; CASTRO, P.M.G.; MENEZES, L.B.; SENDACZ, S. Qualidade da água de efluentes de pesqueiros situados na bacia do Alto Tietê. **Bioikos**. No prelo, 2011.

MIRES, D. Aquaculture and the aquatic environment: mutual impact and preventive management. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.47, p.163-172, 1995.

SALAH, A.M.; FIELDS, P.J.; MILLER, A.W. Simulating uncertainty in mass balance modeling for fresh water Reservoirs; case study: Deer Creek Reservoir, Utah, USA. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE. p.2385-2394. 2005.

SCORVO FILHO, J.D. - Panorama da Aquicultura Nacional – Instituto de Pesca de São Paulo. - <http://www.pesca.sp.gov.br/> - Acessado em 08/09/2007.

SENDACZ, S.; MONTEIRO JUNIOR, A.J.; MERCANTE, C.T.J.; MENEZES, L.C.B.; MORAES, J.F. Sistemas em cascata: concentrações e cargas de nutrientes no sistema

produtor Alto Tietê, São Paulo in NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. **Ecologia de Reservatórios impactos potencias, ações de manejo e sistemas em cascata.** São Carlos, Rima, p. 417-434, 2005.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; MORAES, M.A.G.; BRAGA, F.M.S. Dynamics of some limnological characteristics in Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) culture tanks as function of handling. **Rev. Brasil. Biol.**, São Paulo, v.59, n.4, p. 543-551, 1999.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; GOMES, J. P. F. S.; BRAGA, F. M. S. Effect of liming management on the water quality in Colossoma macropomum (“tambaqui”) ponds. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 15, p. 95-103, 2003.

STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R. A manual of seawater analysis. **Bull. Fish. Res. Board Can.**, v.125, p.1-185, 1960.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v.10, p.109-122, 1981.

VALENTI, W. C. Aquaculture for sustainable development. Páginas 17-32. In: VALENTI, W. C.; POLI, C. R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. (Ed.). **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável.** Brasília, CNPq/MCT, 2000. 399 p.

VALENTI, W.C. A aquicultura Brasileira é sustentável? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, AQUAFAIR,4., 2008, Florianópolis, 13-15/05/2008. p. 1-11 (www.avesui.com/anais).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para crescimento ótimo da tilápia do Nilo e camarão da Malásia, a faixa de temperatura ideal é de 29° a 31° C, indicando que neste estudo a temperatura média esteve abaixo do recomendado, podendo interferir no crescimento dos animais.

Na parte central do viveiro, os níveis de oxigênio dissolvido se mostraram abaixo dos recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005 e literatura especializada. Dessa forma, dentre os diversos fatores que se relacionam com o desempenho produtivo dos animais, esta variável pode ter interferido negativamente para o crescimento ótimo dos mesmos.

Das variáveis estudadas, o fósforo total foi a que melhor caracterizou o impacto gerado pela atividade com relação à sustentabilidade ambiental, ultrapassando os limites estabelecidos pela legislação vigente.

A avaliação da carga líquida demonstrou que o sistema se comportou como exportador de nutrientes, fato que evidenciou a ação antrópica por meio do confinamento de animais e arraçoamento.

Para adequar os níveis de oxigênio dissolvido e diminuir as concentrações de nutrientes da água, recomenda-se uma redução nas densidades de estocagem dos animais, bem como a redução no fornecimento de ração.

A metodologia empregada neste estudo pode ser aplicada em outras atividades voltadas à aquicultura, com vistas à sustentabilidade ambiental.

Quando comparado ao monocultivo de peixes, verificou-se uma tendência de redução das cargas de nutrientes na água do viveiro de policultivo e no seu efluente. Entretanto, propõe-se a elaboração de ensaios em laboratório ou experimentos *in situ* em condições controladas para uma melhor avaliação.