



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP



Sustentabilidade ambiental da criação de camarões de água doce e uso de aguapé no tratamento dos efluentes

ALEXANDRE AUGUSTO OLIVEIRA SANTOS

Jaboticabal - SP
Fevereiro/2012

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP**

Sustentabilidade ambiental da criação de camarões de água doce e uso de aguapé no tratamento dos efluentes

ALEXANDRE AUGUSTO OLIVEIRA SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato

**Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Aquicultura da
UNESP, como parte das exigências do
Título de Doutor em Aquicultura.**

**Jaboticabal - SP
Fevereiro/2012**

Santos, Alexandre Augusto Oliveira
S237s Sustentabilidade ambiental da criação de camarões de água doce e uso do aguapé no tratamento dos efluentes / Alexandre Augusto Oliveira Santos. -- Jaboticabal, 2012.
xv, 92 f.: il.; 29 cm

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2012
Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo
Banca examinadora: Gustavo Henrique Gonzaga da Silva, Jorge de Matos Casaca, Irineu Bianchini Junior, Ana Eliza Baccarin Leonardo
Bibliografia

1. *Macrobrachium amazonicum*. 2. *Eichhornia crassipes*. 3. Análise do Ciclo de Vida. I. Título. II. Jaboticabal – Centro de Aquicultura.

CDU 639.512

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
REITORIA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

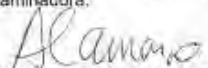
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

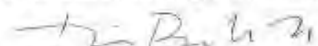
TÍTULO: “Sustentabilidade ambiental da criação de camarões de água doce e uso de aguapé no tratamento dos efluentes”

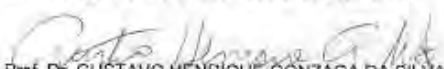
AUTOR: ALEXANDRE AUGUSTO OLIVEIRA SANTOS

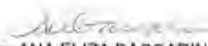
ORIENTADOR: Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura ... pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO
Departamento de Ecologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. IRINEU BIANCHINI JUNIOR
Hidrobiologia / Universidade Federal de São Carlos


Prof. Dr. GUSTAVO HENRIQUE GONZAGA DA SILVA
Departamento de Ciências Animais / Universidade Federal Rural do Semi-Árido


Profa. Dra. ANA ELIZA BACCARIN LEONARDO
Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais (CBRN) / Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA)


Prof. Dr. JORGE DE MATOS CASACA
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, CEPAC

Data da realização: 24 de fevereiro de 2012.

RESUMO

A tese está organizada em cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta uma introdução geral, na qual são abordados os impactos ambientais da aquicultura, tratamento de efluentes por *wetlands* contruídas e análise do ciclo de vida (ACV). Os demais capítulos são referentes a experimentos desenvolvidos no Setor de Carcinicultura do CAUNESP, em Jaboticabal/SP, e no *Institut National de la Recherche Agronomique* – INRA em Rennes, França. Os principais objetivos destes Capítulos foram: (Capítulo 2) Testar a hipótese da influência da renovação da água e do uso de aeradores no impacto causado pelo crescimento final do camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), através das características limnológicas dos viveiros; (Capítulo 3) Determinar os efeitos da redução do uso da água e do uso de aeradores em processos ecológicos que ocorrem em viveiros de crescimento final do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*); (Capítulo 4) Determinar a eficiência da macrófita aquática flutuante aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) e (Capítulo 5) Avaliar o desempenho ambiental de dois sistemas de cultivo de camarões de água doce no Brasil, *Macrobrachium rosenbergii* (espécie exótica) e *Macrobrachium amazonicum* (espécie nativa), por meio da comparação do uso das boas práticas de manejo, utilizando a metodologia da análise do ciclo de vida (ACV). Os resultados do (Capítulo 2) permitem concluir que não serão necessários a renovação de água e uso de aeração suplementar nesta densidade de cultivo para o camarão-da-amazônia em sistema semi-intensivo. No (Capítulo 3), conclui-se que ocorreu diferença significativa mais expressiva em escala temporal que entre os tratamentos empregados, concluindo-se que as variáveis ambientais foram mais influentes neste sistema de cultivo. No (capítulo 4), conclui-se que as *wetlands* com tempo de retenção de 21 dias projetadas para o tratamento do efluente de despesca apresentou após 1 dia de tratamento características similares à água de abastecimento dos viveiros e à partir do 3º dia apresentou concentrações inferiores. As macrófitas aquáticas foram eficientes na remoção de nutrientes acrescidos pelo manejo no crescimento final de *M. amazonicum*. No (capítulo 5), conclui-se que fator de conversão alimentar das espécies avaliadas e a cadeia produtiva da ração é a categoria que mais influencia os resultados da análise do ciclo de vida. As boas práticas de manejo em carcinicultura, como o tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas e o reuso total do sedimento em outras culturas possibilitou uma diminuição significativa no potencial de eutrofização, sendo extremamente importante a recomendação destas práticas no cultivo das espécies avaliadas.

Palavras-chave: *Macrobrachium amazonicum*, aeradores, tratamento de efluentes, *Eichhornia crassipes*, Análise do Ciclo de Vida (ACV).

ABSTRACT

The thesis is organized in five chapters. Chapter 1 gives a general introduction, which outlines the environmental impacts of aquaculture effluent treatment by constructed wetlands and life cycle assessment (LCA). The remaining chapters are for experiments carried out in the Crustacean Sector of CAUNESP, Jaboticabal / SP, and the *Institut National de la Recherche Agronomique* - INRA in Rennes, France. The main objectives of these chapters are: (Chapter 2) Test the hypothesis of the influence of water renewal and the use of aerators on the impact of grown-out Amazon river prawn (*Macrobrachium amazonicum*) on limnological characteristics of ponds; (Chapter 3) Determine the effects of reduced water use and the use of aerators on ecological processes that occur in ponds of the grown-out Amazon river prawn (*M. amazonicum*); (Chapter 4) Determine the efficiency of floating aquatic macrophyte water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in the effluent treatment harvesting grown-out Amazon river prawn (*M. amazonicum*) and (Chapter 5) Assess the environmental performance of two systems of tropical farms of freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* (exotic species) and *Macrobrachium amazonicum* (native species), by comparing the use of best management practices to the standard procedure, using the methodology of life cycle assessment (LCA). The results (Chapter 2) will not allow the conclusion that the necessary renewal of water and the use of supplemental aeration for this density of Amazon river prawns in semi-intensive systems. In (Chapter 3), it is concluded that the difference in temporal scale is more significant than among the treatments used, and that the environmental variables are most influential in this culture system. (Chapter 4) concludes that wetlands with retention time of 21 days, designed for the treatment of harvest water introduced 1 day after treatment, keep characteristics similar to the pond water supply and from the 3rd day show concentrations below. The aquatic macrophytes are efficient in removing nutrients added by the management in the grown-out *M. amazonicum*. In (Chapter 5), it is concluded that feed conversion factor of the species evaluated and feed production chain are the categories that most influence the results of the analysis of the life cycle. Best management practices in freshwater prawn farming, such as wastewater treatment with aquatic macrophytes and reuse the total sediment in other cultures facilitate a significant decrease in the potential for eutrophication, which is extremely important for the recommendation of these practices in the cultivation of the species evaluated.

Key-words: *Macrobrachium amazonicum*, aerators, effluent treatments, *Eichhornia crassipes*, Life Cycle Assessment (LCA).

Dedico,

A meus pais, Vicente José dos Santos e Maria Auxiliadora Oliveira Santos, pelo permanente incentivo em busca da educação, pelo carinho, dedicação, pelo amor irrestrito dedicados a mim e companhia em todas as etapas de minha vida, Obrigado!

Este é o resultado destes 10 anos longe de casa... valeu a pena!

A meus irmãos Beatriz, Carlos, Danillo e Laís pelo constante incentivo, apoio e amor entre irmãos, obrigado!

Ofereço,

Aos meus avós maternos e paternos, por me proporcionarem pais tão especiais e em especial à minha avó Joana (in memorian).

“Si tu diffères de moi, mon frère, loin de me léser, tu m’enrichis” (A. Saint-Exupéry)

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo, pela Orientação sempre competente e participativa, pela amizade desenvolvida desde o início da pós-graduação, por ser um exemplo de profissional ético, comprometido com o ensino e pesquisas de qualidade internacional, e um incentivador que nos faz pensar cada dia mais em fazer algo que faça a diferença! Obrigado Prof. Antonio!

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por financiar esta tese, através da concessão de bolsa de estudo (Proc. 2009/07894-1) e auxílio à pesquisa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo: 474761/2007-0).

Ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, pelas enriquecedoras sugestões nas bancas de Qualificação e por ter sempre disponibilizado a infra-estrutura do Setor de Carcinicultura do CAUNESP para a realização de experimentos desta Tese. Por ser um grande incentivador, um exemplo de profissional ético e dedicado às pesquisas de altíssima qualidade, obrigado Prof. Wagner!

Ao Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, pela Co-Orientação e por ter disponibilizado a infra-estrutura do Laboratório em Pesquisa em Nutrição de Organismos Aquáticos da FMVZ (UNESP-Botucatu).

Ao Prof. Joel Aubin, por minha recepção e Orientação no *Institut National de la Recherche Agronomie* em Rennes, França, para a realização da Análise do Ciclo de Vida, merci beaucoup! Aos meus novos amigos franceses Cyril Benhamou, Gaetane, Benjamin, Magalie, Pierre-Emmanuel, Julie, Thomas Merle e Sreelash.

À Profa. Dra. Ana Milstein, pelo auxílio nas análises estatísticas e discussão dos resultados da análise de fatores.

Ao Prof. Dr. Irineu Bianchini Junior, pelas valiosas sugestões na banca de Qualificação.

Aos amigos e companheiros do Setor de Carcinicultura do CAUNESP: Dr. Wagner Valenti, Janaína Kimpara, Fabrício Rosa, Tavani, Rabera, Michele Roberta, Daniela, Maria Maschio, Fernanda David, Caio Pavanelli, Bruno Preto, Rafael, Bruninho, Alessandra, Marcello Boock, Ariel, Patrícia, Michelle Vetorelli, Camilo, Roberto, e vários estagiários que colaboraram nas coletas ao longo dos experimentos, obrigado!

Aos meus amigos e moradores da República Biozona que deixaram muitas saudades em minha estadia em Jaboticabal: Spinha, Brunão, Lagartixa, Cravo, Tanga, Bizarro, Caio, Rhosa, Pastor, Mel, D. Terezinha, São Jorge, Sansão e Ariel! Aos amigos das repúblicas Arrankabaço, Karkanela, Nazarena e Gaiola das Loucas.

Aos meus amigos de Pós-Graduação do CAUNESP e FCAV/Jaboticabal: Maria, Fernanda, Anemia, Taís, Picolino, Brunão, Fábio Bittencourt, Eduardo Sanches, Rafael Lopes, Alice, Andressa, Faiado, Mel, Thays, Tilão, Francine, Maurício Emerenciano, Michelle Vetorelli, Laurindo, Léo, João Saviollo, Caio, Douglas, Rafa, Saita, Rosangela, Zé, Roberson, Fabiana Pilarski, Du-Vaca, Claudinei e Milenas.

Ao pós-graduando da FMVZ de Botucatu: Rafael Lopes, pela ajuda nas análises.

Aos técnicos José Roberto Polachini, Valdecir Fernandes de Lima, e Carlos Sanches pela colaboração durante a realização do experimento.

A todos Professores e funcionários do CAUNESP, em especial à Profa. Dra. Irene, Profa. Dra. Laura, Profa. Dra. Elisabeth Urbinatti, Veralice e David pelos valiosos ensinamentos e serviços prestados em toda a minha passagem pelo Centro de Aquicultura.

Aos meus amigos da República K-ZONA! UNESP Rio Claro - Piuí, Baiano, Botão, Lagartixa e Xaxá, deixando sempre muitas saudades dos tempos de graduação! Aos amigos de Graduação da turma de Biologia Noturno 2002: Gilberto, Rafael, Fábio Tigre, Fábio Resto, Andrea Aguirre, Malacú, Natália, Júlia, Soraia, aos amigos da república Degusta 9!, Pedro-BH, Giloba, Feijão, Jú, Flatu, Jockey, Fofô, Galbieri, Capivara, Peão, Trops, Cis... valeu!

Aos amigos da UNESP-Bauru: Ramon, Diogo, Camilo, César, Bombeta, Graziela, Adrieli e Sabrina.

Aos amigos Nautilóides: Constance, Ramon e Tiago Carvalho, "...o som não pode parar".

A todos os meus amigos e amigas que fiz nesta vida, são muitos, mas que de alguma forma contribuíram para a minha formação, obrigado!

A minha mãe Maria Auxiliadora, por ser uma mulher valorosa e por seu amor irrestrito dispensado em todos os momentos de minha vida, obrigado Mãe!

A meu pai Vicente José dos Santos, por ser um exemplo de ética e respeito ao ser humano, tendo como princípios morais a busca pela verdade, pelo seu amor irrestrito dedicado a mim e um constante incentivador da educação, obrigado Pai!

Aos meus Tios, Tias, Primos, Primas, sobrinhas, cunhados e cunhadas que de alguma forma participaram desta caminhada me apoiando e incentivando em todos os momentos!

Aos membros da família Oliveira Santos, que são muitos, pelo apoio e compreensão.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	xii
Resumo.....	iii
Apresentação.....	xiii
Capítulo 1 – Introdução Geral	
Introdução.....	1
Objetivos gerais e específicos da Tese.....	8
Estruturação dos demais capítulos da Tese.....	9
Referências bibliográficas.....	10
Capítulo 2 - Renovação de água e uso de aeradores são necessários para o cultivo de camarão-da-amazônia (<i>Macrobrachium amazonicum</i>)	
Resumo.....	15
Introdução.....	16
Material e Métodos	17
Resultados.....	19
Discussão.....	22
Conclusões.....	25
Agradecimentos.....	25
Referências.....	26
Capítulo 3 - Abordagem multivariada das características limnológicas de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia sob efeito do uso de aeradores e da renovação da água	
Resumo.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos	31
Resultados e Discussão.....	33
Conclusões.....	43
Agradecimentos.....	44
Referências.....	44

Capítulo 4 – Uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de efluentes de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)

Resumo.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos	49
Resultados.....	51
Discussão.....	54
Conclusões.....	56
Agradecimentos.....	56
Referências.....	56

Capítulo 5 - Implicações de boas práticas de manejo mensurados pela Análise do Ciclo de Vida (ACV) em cultivos de duas espécies tropicais de camarão de água doce

Resumo.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos	62
Resultados e Discussão	65
Conclusões e recomendações.....	72
Agradecimentos.....	73
Referências.....	73

ANEXOS.....	76
-------------	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Viveiros de crescimento final de *Macrobrachium amazonicum*, localizado no Setor de Carcinicultura do CAUNESP, Jaboticabal/SP. Viveiros com tamanho médio de 100m² e foi utilizado nos experimentos dos Capítulos 2 e 3. 9

Figura 2. Sistemas de tratamento de efluentes utilizados nos experimentos do Capítulo 4. *Wetlands* construídas com aguapé (*E. crassipes*) e utilizadas no tratamento de efluentes de viveiros de *M. amazonicum* (A). *Wetlands* construídas para o tratamento de efluentes de despesca de viveiros de camarão-da-amazônia (B). 9

CAPÍTULO 2

Figura 1. Ordenação pela ACP das coletas nos diferentes tratamentos e da água de abastecimento em função do acréscimo do material particulado em suspensão (MPS), clorofila-*a* (CLO-*a*), fósforo ácido-hidrolisável (PAH) e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) na água utilizada nos viveiros de crescimento final de *M. amazonicum*. (A=água de abastecimento dos viveiros; FC=fluxo contínuo com 35% renovação diária; SRSA=sem renovação e sem aeração; SRAD=sem renovação e aeração das 14-16h; SRAN= sem renovação e aeração das 23-05h). 20

CAPÍTULO 3

Figura 1. Fator 1 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna. 35

Figura 2. Fator 2 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna. 37

Figura 3. Fator 3 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna. 38

Figura 4. Fator 4 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna. 39

Figura 5. Interação das médias do fator 1*fator 2. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.	40
Figura 6. Interação das médias do fator 1*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.	41
Figura 7. Interação das médias do fator 2*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.	42
Figura 8. Interação das médias do fator 2*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.	43

CAPÍTULO 4

Figura 1. Ordenação pela ACP das coletas nos diferentes tratamentos e da água de abastecimento em função dos acréscimos de temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), pH, material particulado em suspensão (MPS), alcalinidade (ALC), nitrogênio inorgânico (NI), ortofosfato (ORT), fósforo ácido-hidrolisável (PAH) e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) na água utilizada nas <i>wetlands</i> com TRH de 21 dias, com efluentes da água de despesca de viveiros de <i>M. amazonicum</i> . (T1.0, T2.0, T3.0=amostras de água coletadas no dia 0; T1.1,T2.1,T3.1=amostras de água coletadas no dia 1; T1.3,T2.3, T3.3=amostras de água coletadas no dia 3; T1.7,T2.7, T3.7=amostras de água coletadas no dia 7; T7.14;T2.14;T3.14= amostras de água coletadas no dia 14; T7.21;T2.21;T3.21= amostras de água coletadas no dia 21).	53
Figura 2. Redução do material particulado em suspensão (MPS), fósforo ácido-hidrolisável (PAH), ortofosfato (ORT), nitrogênio inorgânico (NI), nitrogênio total Kjeldahl (NTK) pelas <i>wetlands</i> com TRH de 21 dias de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia.	54

CAPÍTULO 5

- Figura 1.** Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto das larviculturas de camarão-da-malásia e camarão-da-amazônia. AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (*constructed wetlands* e reuso de sedimento em outras culturas); amaz. = camarão-da-amazônia; ros. = camarão-da-malásia 66
- Figura 2.** Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto para a fazenda tradicional (Tradit) e boas práticas de manejo (BMP) em fazendas de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*). AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (*constructed wetlands* e reuso de sedimento em outras culturas). 67
- Figura 3.** Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto para a fazenda tradicional (Tradit) e boas práticas de manejo (BMP) em fazendas de camarão-da-malásia (*M. rosenbergii*). AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (*constructed wetlands* e reuso de sedimento em outras culturas). 68
- Figura 4.** Potencial de eutrofização (EP) por tonelada de *M. amazonicum* e *M. rosenbergii*. ARP tradit= camarão-da-amazônia em cultivo tradicional; ARP BMP= camarão-da-amazônia em fazendas onde são adotadas de boas práticas de manejo; GRP tradit= camarão-da-malásia em cultivo tradicional; GRP BMP= camarão-da-malásia em fazendas onde são adotadas as boas práticas de manejo. 70
- Figura 5.** Gráfico radial comparativo de impacto, para sete categorias, para quatro fazendas de cultivo de camarão de água doce. Pontos próximos ao centro do gráfico indicam baixo impacto ambiental. 70
- Figura 6.** Detalhe da alimentação dos camarões com o auxílio de uma placa de Petri no sistema *Guelph* modificado. 73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Correlação dos acréscimos de material particulado em suspensão (MPS), clorofila-*a* (CLO-*a*), fósforo ácido-hidrolisável (PAH), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), na água utilizada nos viveiros de crescimento final de *M. amazonicum* com os componentes 1 e 2 da ACP. 20
- Tabela 2.** Dados zootécnicos da produção de camarão-da-amazônia submetidos a diferentes regimes de renovação de água e uso de aeradores. 21
- Tabela 3.** Índice de uso da água e de uso do nitrogênio aplicados aos dados de crescimento final do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*). 22
- Tabela 4.** Valores mínimos e máximos, números em parênteses indicam a coleta, seguidos de médias±desvio padrão das variáveis limnológicas de viveiros de *M. amazonicum* sob diferentes manejos de renovação de água e uso de aeração suplementar. 23

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Resultados da análise de fatores, ANOVA e Scheffe multi-comparação das médias dos tratamentos e das variáveis analisadas semanalmente. 34

CAPÍTULO 4

- Tabela 1.** Médias das variáveis limnológicas das águas das *wetlands* com TRH de 21 dias de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia. 52
- Tabela 4.** Correlação dos acréscimos de temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), pH, material particulado em suspensão (MPS), alcalinidade (ALC), nitrogênio inorgânico (NI), ortofosfato (ORT), fósforo ácido-hidrolisável (PAH) e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) na água utilizada nas *wetlands* com TRH de 21 dias, com efluentes da água de despesca de viveiros de *M. amazonicum*, com os componentes 1 e 2 da ACP. 53

CAPÍTULO 5

Tabela 1. Características das larviculturas das fazendas experimentais avaliadas.	63
Tabela 2. Características das fazendas de camarão-da-amazônia e de camarão-da-malásia no Brasil.	78
Tabela 3. Potencial de impactos por tonelada de camarão de água doce em sistema semi-intensivo de produção no Brasil (camarão-da-amazônia -CA e camarão-da-malásia -CM), camarão-tigre (TS) na Tailândia (<i>Penaeus monodon</i> – Mungkung, 2005), cultivo intensivo de camarão cinza (CH) (<i>Litopenaeus vannamei</i>) na China (Cao <i>et al.</i> , 2011) e cultivo super-intensivo de camarão-cinza (<i>Litopenaeus vannamei</i>) nos Estados Unidos (RAS) (Sun, 2009).	69

APRESENTAÇÃO

A presente Tese está estruturada em cinco capítulos. O capítulo 1 consiste em uma introdução geral, na qual são abordados os seguintes tópicos: (a) introdução, (b) objetivos gerais e específicos desta tese, (c) estruturação dos demais capítulos da tese. Os capítulos 2, 3, 4 e 5 estão redigidos no formato de artigo científico e são referentes a experimentos desenvolvidos no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP, em Jaboticabal/SP e no *Institut National de la Recherche Agronomique*, INRA, em Rennes, França.

O desenvolvimento desta tese foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), através de concessão de bolsa de estudo (Processo: 2009/07894-1) e auxílio à pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo: 474761/2007-0).

Capítulo 1

Introdução Geral

Introdução geral

1. Introdução

A pesca e a aquicultura, além da geração direta de alimentos e de renda, desempenham um importante papel social por meio da geração de empregos. Direta ou indiretamente, o setor de recursos pesqueiros é essencial para a sobrevivência de milhões de pessoas no mundo todo: em 2008, 44,9 milhões de pessoas estavam diretamente ligadas (período integral ou parcial) na produção primária de peixes (pesca e aquicultura) (FAO, 2010).

No Brasil, a produção de pescado aumentou 25% nos últimos 8 anos, passando de 990.899 toneladas anuais para 1.240.813 no ano de 2009. Entre o período de 2008 e 2009, houve um crescimento de 15,7% na produção pesqueira. Já a aquicultura apresentou 43,8% de crescimento, passando de 289.050 para 415.649 toneladas/ano (MPA, 2010).

Em 2004, a aquicultura continental foi responsável por 67% (180.731 toneladas) da produção aquícola nacional, fortemente ancorada no cultivo de tilápias, carpas e tambaquis que produziram juntos 140 mil toneladas (78% da produção continental e geração de US\$ 647 milhões). Os 33% restantes (89 mil toneladas) foram produzidos em águas marinhas ou estuarinas, basicamente com o cultivo do camarão marinho na região Nordeste, responsável por 85% do total produzido pela maricultura brasileira, com 76 mil toneladas e geração de US\$ 318 milhões (Onstrensky *et al.* 2008).

A produção de camarões de água doce, embora ainda ocupe posição inferior à produção dos marinhos nos mercados mundiais, apresentam várias vantagens tais como: maior resistência a doenças, maturação e larvicultura mais simples, independência da água salgada na fase de crescimento final, e sistema de produção compatível com pequenas propriedades (New, 1995; Valenti, 1996; New, 2000).

No ano de 2004 a carcinicultura de água doce com a espécie *Macrobrachium rosenbergii* representou apenas 0,1% (363 toneladas) da produção total da aquicultura brasileira. O ano de 2004 registrou uma queda de 55,4% na produção deste crustáceo.

A sua produção é dominada pela região Sudeste com 75%, sendo o estado do Espírito Santo responsável por 69% da produção. A região Nordeste contribuiu com 16% e a região Norte, representada pelo estado do Pará com 9,7% (Ostrensky et al. 2008).

Em 2006, no Brasil, a produção da espécie exótica *M. rosenbergii* alcançou 370 toneladas (FAO, 2008). Embora não existam artigos publicados sobre o impacto negativo nos ecossistemas que essa espécie possa causar, existe grande pressão da sociedade e do governo para o uso das espécies nativas na aquicultura (Moraes-Valenti e Valenti, 2007). Em vários países é crescente o interesse no cultivo de espécies nativas, como o *Macrobrachium malcolmsonii* na Índia, *Macrobrachium carcinus* na América Central e *Macrobrachium amazonicum* na América do Sul (Kutty et al., 2000).

A carcinicultura de água doce praticada no Brasil está embasada em uma única espécie exótica, e esta corre sérios riscos. O surgimento de problemas com esta espécie pode causar um colapso na atividade. Além disso, *M. rosenbergii* é uma espécie de origem asiática e não há estudos referentes ao impacto de sua liberação em ambientes naturais brasileiros. O escape de espécies exóticas cultivadas tem sido responsável por vários problemas ambientais, tais como a competição e/ou predação em relação às espécies nativas, alterações de habitats e disseminação de patógenos (Bridger e Garber, 2002; Myrick, 2002).

O Brasil possui várias espécies nativas com grande potencial para exploração pela aquicultura. No entanto, a grande maioria delas necessita ainda de uma série de aportes científicos e tecnológicos para colocá-las em um patamar de plena viabilidade zootécnica e econômica. Enquanto isso não acontece, a aquicultura brasileira é amplamente dominada pelas espécies exóticas (Ostrensky, 2008).

Macrobrachium amazonicum é um camarão de água doce amplamente distribuído na América do Sul. Ocorre em dez países, sendo que no Brasil é distribuído em aproximadamente 14 estados (Melo, 2003). No Norte e Nordeste do País é capturado e consumido pelas populações locais e possui grande aceitação no mercado (Moraes-Riódades e Valenti, 2001). A espécie apresenta várias vantagens ao cultivo, como: alternativa aos carcinicultores de água doce; favorece a maximização da área produtiva, uma vez que o desenvolvimento larval é mais curto, comparado ao *M.*

rosenbergii (Kutty *et al.*, 2000); a textura da carne é mais firme e o sabor mais acentuado que o *M. rosenbergii* (Moraes-Riodades e Valenti, 2001).

No início do ano 2000, um programa de pesquisa multiinstitucional e multidisciplinar visando à produção comercial de *M. amazonicum* foi iniciado com o desenvolvimento de vários trabalhos sobre seu cultivo. O cultivo de camarões de água doce tem sido reportado como uma atividade de baixo impacto ambiental (Valenti, 2002). O sistema mais utilizado na carcinicultura de água doce é o semi-intensivo, que é caracterizado principalmente pela obtenção de produtividade intermediária em relação aos sistemas extensivo e intensivo, utilização de viveiros com baixa renovação diária de água, dependência de alimento natural e autóctone, utilização de mão-de-obra permanente e controle das condições de cultivo.

O cultivo tradicional consiste basicamente na preparação dos viveiros (calagem e fertilização), povoamento com pós-larvas ou juvenis, e despesca total ao final do período de cultivo. Em áreas de restrição climática, geralmente realiza-se um ciclo anual de 4 a 6 meses. Ao final deste período, os camarões podem ser comercializados vivos, abatidos inteiros ou sem o cefalotórax. O tamanho comercial médio de *Macrobrachium amazonicum* é de 7g (Moraes-Riodades e Valenti, 2004). No entanto, no momento da despesca final são encontradas várias classes de tamanho do camarão.

Esta produção proporciona benefícios econômicos e sociais, mas também tem despertado a preocupação de órgãos governamentais, organizações não governamentais e pesquisadores quanto aos impactos ambientais relacionados à sua produção (Goldburg e Triplett, 1997). A intensificação do sistema de produção envolve altas densidades de estocagem e gastos com fertilizantes, energia e alimentação comercial (Moraes-Riodades *et al.*, 2006), cujo acréscimos alteram a qualidade da água no viveiro e, conseqüentemente, do efluente gerado pela renovação contínua da água de cultivo. As dietas e os fertilizantes são os principais responsáveis pelos aportes de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica nos viveiros de produção de peixes e camarões (Boyd, 2003).

Do nitrogênio e fósforo fornecido nas dietas, 25 a 30% estão presentes na biomassa de peixes e camarões na despesca (Paez-Osuna *et al.*, 1997). Jackson *et al.*

(2003) estimaram que apenas 21-22% do nitrogênio e 6% de fósforo fornecidos na dieta são assimilados pelo camarão. O restante, na forma de detritos e excretas, fica retido no sedimento dos viveiros e na biota aquática ou é transportado para fora do viveiro no efluente.

A eutrofização dos ambientes aquáticos pelo lançamento de efluentes de aquicultura, além dos efeitos negativos ao ambiente, pode acarretar efeitos negativos ao homem. Entre eles estão a floração de espécies de cianobactérias, que produzem e eliminam toxinas (Calijuri *et al.*, 2006) e o aumento dos custos referentes ao tratamento da água para o consumo humano, pois há necessidade da intensificação da tecnologia utilizada nas remoções de nutrientes, organismos patogênicos e matéria orgânica da água (Tundisi, 2003).

É importante destacar que as características desses efluentes tendem a apresentar ampla variação, em decorrência das formas de manejo, da tecnologia empregada, das espécies criadas e, principalmente, da intensidade de produção (Boyd, 2003). Os principais impactos dos efluentes sobre os sistemas naturais são o aumento das concentrações de nutrientes na água e no sedimento e o incremento das populações de fitoplâncton e bactérias (Redding *et al.*, 1997).

Os sistemas de tratamento de efluentes por meio de macrófitas aquáticas podem ser viáveis para os aquicultores e ainda minimizam os impactos sobre os ecossistemas aquáticos. Apesar de diversos trabalhos comprovarem a eficiência das plantas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos (Ennabili *et al.*, 1998; Lin *et al.*, 2005; Greenway, 2005) estudos sobre a utilização desses vegetais no tratamento de efluentes de aquicultura são recentes no Brasil (Sipaúba-Tavares, 2002; Henry-Silva *et al.*, 2006; Biudes, 2007).

As *wetlands* construídas para tratamento de efluentes são sistemas desenhados e construídos para utilizar processos naturais na remoção de poluentes do efluente (Kivaisi, 2001). Os principais processos biológicos que regulam as remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a absorção direta pela macrófita, mineralização microbiana e transformações como desnitrificação e amonificação (USEPA, 2000).

As *wetlands* construídas são classificadas de acordo com o tipo ecológico da macrófita aquática predominante (Vymazal, 1998), sendo que as flutuantes são as

mais utilizadas (Kivaisi, 2001). Independente do tipo ecológico da macrófita aquática (flutuantes, emersas, submersas, com folhas flutuantes), as principais características para contribuir positivamente para o desempenho da wetland são: (1) rápido crescimento; (2) alta capacidade de assimilação de nutrientes; (3) grande capacidade de estocar nutrientes na biomassa; (4) tolerância às características físicas e químicas do efluente e (5) tolerância às condições climáticas locais (Tanner, 1996).

É importante salientar que os processos de remoção de nutrientes nestes sistemas ocorrem não somente pela absorção direta pelas macrófitas aquáticas, mas também por uma combinação de mecanismos físicos, biológicos e químicos, como sedimentação, absorção pelo perifíton e transformação do nitrogênio por bactérias (Henry-Silva e Camargo, 2008).

No Brasil, Henry-Silva e Camargo (2006) avaliaram a eficiência de *wetlands* construídas e povoadas com macrófitas aquáticas flutuantes no tratamento do efluente de viveiros de tilápia-do-nilo (*O. niloticus*). Os autores constataram que as *wetlands* povoadas com *E. crassipes* e *Pistia stratiotes* foram mais eficientes nas remoções de nitrogênio total (46,1 e 43,9%, respectivamente) e fósforo total (82,0 e 83,3%, respectivamente) do que a *wetland* povoada com *Salvinia molesta* (42,7% de nitrogênio total e 72,1% de fósforo total).

Biudes (2007), avaliou a capacidade de tratamento do efluente de viveiro de manutenção de camarões reprodutores da espécie *M. rosenbergii*. O autor concluiu que as concentrações de nitrogênio Kjeldahl total, nitrogênio Kjeldahl dissolvido, nitrogênio inorgânico, fósforo total, fósforo dissolvido, ortofosfato e material particulado em suspensão do efluente tratado em uma *wetland* construída linear povoada com *E. crassipes* foram iguais ou menores que as concentrações da água de abastecimento do viveiro.

Em viveiros de manutenção de reprodutores de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*), seus efluentes foram tratados com as macrófitas aquáticas *E. crassipes* (aguapé) e *P. stratiotes* (alface d'água), que foram eficientes na remoção de nitrogênio, fósforo e turbidez e não diferiram significativamente quanto à remoção de nutrientes, apesar do maior ganho de biomassa de *E. crassipes* (Henry-Silva e Camargo, 2008).

Nos sistemas de cultivo de organismos aquáticos, a água do abastecimento, o sedimento e o manejo podem influenciar nas características limnológicas dos viveiros e de seus efluentes. O manejo dos viveiros inclui diversas estratégias de estocagem, de despesca, métodos de alimentação, fertilização e calagem, uso de aeradores e taxa de renovação da água (Funge-Smith e Briggs, 1998).

Hopkins et al. (1993), comparando a influência de diferentes taxas de renovação da água nas características ambientais de viveiros de carcinicultura marinha, verificaram que os valores do pH, amônia, ortofosfato e demanda química de oxigênio foram menores nos tanques com maior vazão do que naqueles sem renovação. Portanto, viveiros sob diferentes estratégias de manejo podem ter funcionamento distinto daquele encontrado nos viveiros sob cultivo tradicional.

Estudos sobre a influência do tipo de manejo adotado no ambiente de cultivo de camarões de água doce são escassos (Keppeler e Valenti, 2006; Moraes-Riudades et al., 2006). Em alguns trabalhos pioneiros, observa-se que viveiros de criação mantidos sem renovação do fluxo da água e sem nenhum mecanismo suplementar de aeração apresentam, principalmente, maiores concentrações de nitrogênio orgânico, amônio e nitrato (Sengupta e Jana, 1987; Avnimelech et al., 1992 e Hopkins et al., 1994).

Os viveiros geram efluentes após chuvas severas, quando são drenados (Boyd e Queiroz, 2001) e em função da renovação da água (Boyd, 2003). Apesar de haver um interesse considerável no reuso da água, ou nos sistemas de produção em ciclo fechado, geralmente não é tecnicamente e/ou economicamente viável realizar aquicultura sem descarga de efluentes (Boyd, 2003).

De acordo com Boyd e Queiroz (2004) a renovação da água de cultivo prejudica a sustentabilidade da aquicultura devido aos elevados custos ambientais provocados com o lançamento do efluente. Uma alternativa para a não renovação de água é o uso de aeradores para minimizar o efeito da estratificação térmica nos viveiros. O processo de aeração promove a circulação da água, e com isso, o deslocamento da água oxigenada para outras partes do viveiro, quebrando, assim, a estratificação térmica, considerada prejudicial para a dinâmica dos cultivos (Boyd, 1990).

A temperatura da água provavelmente tem maior influência sobre a vida e os sistemas aquáticos do que qualquer outra variável tomada isoladamente. Isto se deve ao fato da temperatura afetar diretamente o crescimento e o desenvolvimento dos seres vivos, a solubilidade dos gases na água e os processos de decomposição de matéria orgânica, com consequências na qualidade da água (Angelocci e Nova, 1995).

Devida à ausência de estudos dos efeitos do uso de aeradores em viveiros de camarão-da-amazônia, este estudo justifica-se pela importância em se avaliar as características limnológicas dos viveiros em consequência da utilização de aeradores e da renovação de água. Devido à atual preocupação com o impacto ambiental gerado pelos efluentes, existe uma necessidade de se conhecer a eficiência de métodos alternativos, como exemplo as *wetlands* construídas, que minimizem o impacto gerado pelo manejo do sistema de cultivo.

No Brasil há uma crescente atenção aos impactos ambientais relacionados à aquicultura e a interação com os recursos naturais. Neste contexto é importante que novos sistemas de produção tenham práticas que respeitem o meio ambiente. A escolha de novas espécies à partir de espécies nativas é particularmente necessária. Tendo em vista contribuir com as agências governamentais, consumidores e produtores de camarão de água doce foram comparados dois sistemas de produção usando-se a metodologia da Análise do ciclo de vida (ACV).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é um método padronizado, que compõe a *International Organization for Standardization* - ISO 14040 e a 14042, formulado para avaliar impactos potenciais associados com um produto, pela quantificação e avaliação dos recursos consumidos e emissões para o ambiente em todos os estágios do seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até o descarte de resíduos. Para cada impacto ambiental considerado na ACV, um modelo é usado para converter os dados do inventário em resultados de impacto potencial. Esta metodologia integradora fornece indicadores de escalas de impacto regional e global. As categorias de impacto analisadas neste trabalho foram: aquecimento global, eutrofização, acidificação, uso de energia, uso de produção primária, uso de superfície e dependência de água.

2. Objetivos gerais e específicos desta tese

A presente tese de doutorado teve como objetivos gerais contribuir com o desenvolvimento da tecnologia de economia de água e de energia elétrica na produção do camarão-da-amazônia, contribuir com o desenvolvimento da tecnologia das *wetlands* construídas para o tratamento de efluentes de despesca de viveiros e, também, avaliar a análise do ciclo de vida (ACV) de duas espécies de camarão de água doce produzidas no Brasil. Devido à atual preocupação com o impacto ambiental gerado pelos efluentes, existe uma necessidade de se conhecer a eficiência de métodos alternativos, como exemplo as *wetlands* construídas, que minimizem o impacto gerado pelo manejo no sistema de cultivo, aumentando a sustentabilidade neste sistema de produção.

Os objetivos específicos da tese foram:

1. Avaliar a influência da renovação da água e do uso de aeradores sobre o cultivo do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*);
2. Determinar os efeitos da redução do uso da água e do uso de aeradores em processos ecológicos que ocorrem em viveiros de crescimento final do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*);
3. Determinar a eficiência da macrófita aquática flutuante (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de efluentes de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*);
4. Realizar a Análise do Ciclo de Vida (ACV) do cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* e *M. amazonicum*.

3. Estruturação dos demais capítulos da tese

Os Capítulos 2, 3 e 4 são referentes a experimentos desenvolvidos no Setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal/SP. O Capítulo 5 refere-se à Análise do Ciclo de Vida (ACV) de duas espécies de camarão de água doce no Brasil, sendo realizado em parceria com o *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), em Rennes - França.

As Figuras 1 a 4 apresentam algumas estruturas e materiais utilizados nos experimentos desenvolvidos na presente tese.



Figura 1. Viveiros de crescimento final de *M. amazonicum*, localizado no Setor de Carcinicultura do CAUNESP, Jaboticabal/SP. Viveiros com tamanho médio de 100m² e foi utilizado nos experimentos dos Capítulos 2 e 3.



Figura 2. Sistemas de tratamento de efluentes utilizados nos experimentos do Capítulo 4. *Wetlands* construídas para o tratamento de efluentes de despesca de viveiros de camarão-da-amazônia.

4. Referências bibliográficas

ANGELOCCI, L.R.; NOVA, N. A. V. 1995. Variações da temperatura da água de um pequeno lago artificial ao longo de um ano em Piracicaba - SP. **Scientia Agricola**, vol.52, n. 3. p. 431-438.

AVNIMELECH, Y.; MOZES, N.; WEBER, B. 1992. Effects of aeration and mixing nitrogen and organic matter transformations in simulated fish ponds. **Aquac. Eng.**, v.11, p.157-169.

BIUDES, J.F.V. 2007. **Uso de Wetlands construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura**. Jaboticabal, 2007 Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2007. 103f.

BOYD, C.E. 1990. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. 482p.

BOYD, C. E.; Queiroz, J. 2001. Feasibility of retention structure, settling basins and best management practices in effluent regulation for Alabama Channel Catfish Farming. **Reviews in Fisheries Science**, v. 9 (2): 43-63.

BOYD, C. E. 2003. Guidelines for Aquaculture effluent management at farm-levels. **Aquaculture**. V. 226, 101-112.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. 2004. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In... Tópicos avançados em piscicultura de água doce tropical intensiva. Ed. CYRINO, J. E. P...[et al.].--São Paulo: TecArt.

BRIDGER, C. J.; GARBER, A. F. 2002. **Aquaculture escapement, implications and mitigation: the salmonid case study**. In: COSTA-PIERCE, B. A. (ed.) Ecological Aquaculture The Evolution of The Blue Revolution. Oxford, Blackwell Science, p. 77-102.

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.S.A.; SANTOS, A.C.A. 2006. **Cianobacterias e cianotoxinas em águas continentais**. Rima, São Carlos, 118p.

ENNABILI, A., ATER, M.; RADOUX, M. 1998. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. **Aquatic Botany**. v. 62:45-56.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008. **Yearbook of fishery statistics: summary tables**. FAO, Roma. [http:// www.fao.org](http://www.fao.org) .

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2010). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome: FAO.

FUNGE-SMITH, S. J.; BRIGGS, M. R. P. 1998. **Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability**. *Aquaculture*, vol. 164, p. 117-133.

GOLDBURG, R.; TRIPLETT, T. 1997. Murky waters: **Environmental effects of aquaculture in the United States**. Environmental Defence Fund, Washington, 198p.

GREENWAY, M. 2005. The role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Austrália. **Ecol. Eng.**, v. 25, p. 501-509.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, L.E. 2006. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 642-647.

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

HOPKINS, J.S.; HAMILTON II, R.D.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C.L.; STOKES, A.D. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.24, n.3, p. 304-320.

HOPKINS, J.S.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C.L. 1994. Sludge management in intensive pond culture of shrimp: effect of management regime on water quality, sludge characteristics, nitrogen extinction and shrimp production. **Aquac. Eng.**, v.13, p. 11-30.

JACKSON, C.J.; PRESTON, N.; BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J. 2003. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. **Aquaculture**. V. 226, 23-34.

KEPPELER, E.C.; VALENTI, W.C. 2006. Effects of selective harvest of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum* on pond water, sediment and effluent. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 18(2): 109-119.

KIVAISI, A.K. 2001. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. **Ecological Engineering**, v. 16, p. 545-560.

KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. 2000. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed). **Freshwater prawn culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science. p. 393-410.

LIN, Y.F.; JING, S.R.; LEE, D.Y.; CHANG, Y.F.; CHEN, Y.M.; SHIH, K.C. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. **Environ. Pollut.**, v. 134, p. 411-421.

MELO, G.A.S. 2003. Famílias Atyidae, Palaemonidae e Sergestidae. In: MELO, G.A.S. (Ed.). **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Edições Loyola: 2003.p. 289-415.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). 2010. **Produção pesqueira e aquícola/Estatística 2008 e 2009**. Disponível em [http:// www.mpa.gov.br](http://www.mpa.gov.br) . acesso em: 12 de abril de 2011.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C. 2001. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazônia shows potential for economic and social development. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4(5): 73-74.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C. 2004. Morphotypes in male Amazon River Prawns, *Macrobrachium amazonicum*, **Aquaculture**, v. 236 (1-4):297-307.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; KIMPARA, J.M.; VALENTI, W.C. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 18(3): 311-319.

MORAES-VALENTI, P.M.C.; VALENTI, W.C. 2007. Effect of Intensification on Grow Out of the Amazon River Prawn, *Macrobrachium amazonicum*. **Journal of the World Aquaculture Society**. vol. 38, issue 4, pag. 516-526.

MYRICK, C. A. 2002. Ecological impact of escaped organisms. In: TOMASO J. R.(ed.). Aquaculture and the Environment in the United States. Baton Rouge, U.S. Aquaculture Society, A Chapter of the World Aquaculture Society. p. 225-246.

NEW, M.B. 1995. Status of freshwater prawn farming: a review. **Aquaculture Research**, 26(1):1-54.

NEW, M. B. 2000. **History and global status of freshwater prawn farming**. In: NEW, M. B. & VALENTI, W. C. (Ed). Freshwater Prawn Farming: The Farming of *Macrobrachium rosenbergii*. Londres, Blackwells, p. 1-11.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. 2008. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, 276p.

PÁEZ-OSUNA, F.; GUERRERO-GALVÁN, S.R.; RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C.; ESPINOZA-ÂNGULO, R. 1997. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in North-West México. **Mar. Poll. Bull.**,v. 34. p. 290-297.

REDDING,T.; MIDLEN, A. 1997. The treatment of aquaculture wastewater – A botanical approach. **Journal of Environmental Management**, 50: 283-299.

SENGUPTA, S.; JANA, B.B. 1987. Effect of aeration on the primary productivity of phytoplankton in experimental tanks. **Aquaculture**, v. 62, p. 131-142.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FÁVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M.S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floatin plant. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.3, p.1-11, 2002.

TANNER, C.C. 1996. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. **Ecol. Eng.**, 7: 59-83.

TUNDISI, J.G. 2003. **Água do Século 21: Enfrentando a escassez**. Rima, São Carlos, 250 p.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. **Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters**. EPA/625/R-99/010, Cincinnati, 166p.

VALENTI, W.C. 1996. **Criação de Camarões em Águas Interiores**. São Paulo, FUNEP, 81p.

VALENTI, W.C. 2002. Aquicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. **Anais...** p. 111-118.

VYMAZAL, J. 1998.Types of constructed wetlands for wastewater treatment. **In: Proceedings – 6th International Conference on Wetland System for Water Pollution Control.** Águas de São Pedro – SP, Brazil, pp.150-166.

Capítulo 2

Renovação de água e uso de aeradores são necessários para o cultivo de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)?

Renovação de água e uso de aeradores são necessários para o cultivo de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)?

Resumo. A prática da carcinicultura pode alterar as características da água utilizada nos viveiros de cultivo. Estas alterações ocorrem em função do manejo de cultivo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de aeradores e da renovação de água no cultivo do camarão-da-amazônia. Para tanto, 12 viveiros de fundo natural com aproximadamente 0,01 ha de área foram povoados com 40 pós-larvas.m⁻² de *Macrobrachium amazonicum* (camarão-da-amazônia). O delineamento foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições. O tratamento I consistiu de viveiros com renovação de 35% de água por dia, no tratamento II não houve renovação de água e aeração, no tratamento III não houve renovação e utilizou-se aeração das 14 às 16h e o tratamento IV também não houve renovação de água e utilizou-se aeração das 23 às 5h. Foram realizadas 11 coletas semanais com avaliação de parâmetros limnológicos: temperatura, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão, clorofila-a, fósforo ácido-hidrolisável e nitrogênio total Kjeldahl. Foi aplicado o índice de uso da água e de nitrogênio aos tratamentos. Aplicando-se a análise de componentes principais aos valores de material particulado em suspensão, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável e nitrogênio total Kjeldahl conclui-se que ocorre aumento nas concentrações das variáveis avaliadas em uma escala temporal dependente do tratamento empregado, onde os tratamentos sem renovação de água apresentaram distribuição mensal dependente das variáveis analisadas. Os viveiros com fluxo contínuo de água apresentaram características limnológicas que os diferenciaram dos demais tratamentos em relação à material particulado em suspensão, clorofila-a e fósforo ácido hidrolisável. Os índices de uso da água e de N foram superiores em todos os tratamentos em comparação a outros cultivos. Conclui-se que não serão necessários a renovação de água e uso de aeração suplementar nesta densidade de cultivo para o camarão-da-amazônia em sistema semi-intensivo.

Palavras-chave: manejo, *Macrobrachium amazonicum*, impacto, limnologia, análise de componentes principais.

INTRODUÇÃO

O manejo de viveiros de aquicultura inclui diversas estratégias de estocagem e despesca, métodos de alimentação, fertilização e calagem, o uso ou não de aeradores e a taxa de renovação da água. Portanto, viveiros sob diferentes taxas de renovação de água e aeração suplementar podem ter funcionamento distinto daquele encontrado nos viveiros sob cultivo tradicional. Os fatores que influenciam o ambiente de cultivo são a água de abastecimento, os sedimentos depositados no fundo dos viveiros e o manejo empregado (Funge-Smith e Briggs, 1998).

Estudos sobre a influência do tipo de manejo adotado no ambiente de cultivo de camarões de água doce são escassos (Keppeler e Valenti, 2006; Moraes-Riodades et al., 2006). Em alguns trabalhos pioneiros, observou-se que viveiros de criação mantidos sem renovação do fluxo da água e sem mecanismo suplementar de aeração apresentaram, principalmente, maiores concentrações de nitrogênio orgânico, amônio e nitrato (Sengupta e Jana, 1987; Avnimelech et al., 1992 e Hopkins et al., 1993).

De acordo com Boyd e Queiroz (2004) a renovação da água de cultivo prejudica a sustentabilidade da aquicultura devido aos elevados custos ambientais provocados com o lançamento do efluente. Uma alternativa para a não renovação de água é o uso de aeradores para minimizar o efeito da estratificação térmica nos viveiros. O processo de aeração promove a circulação da água, e com isso, o deslocamento da água oxigenada para outras partes do viveiro, quebrando, assim, a estratificação térmica, considerada prejudicial para a dinâmica dos cultivos (Boyd, 1990).

Macrobrachium amazonicum é uma espécie de camarão de água doce amplamente distribuído na América do Sul (Melo, 2003). A espécie apresenta várias vantagens para o cultivo, tais como, alternativa aos carcinicultores de água doce; favorece a maximização da área produtiva, uma vez que o desenvolvimento larval é mais curto, comparado ao *Macrobrachium rosenbergii* (Kutty et al., 2000) e a textura da carne é mais firme e o sabor mais acentuado que o *M. rosenbergii* (Moraes-Riodades e Valenti, 2001).

A renovação da água de cultivo e/ou uso de aeradores apresentam vantagens e desvantagens que precisam ser bem analisadas e contextualizadas. A renovação de água nos viveiros proporciona melhores condições de conforto para os organismos cultivados, pois as concentrações de oxigênio são maiores e as excretas são eliminadas no sistema. No entanto, tem como desvantagem a liberação de nutrientes e matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos naturais. Já o uso de aerador pode reduzir a renovação de água aumentando as concentrações de oxigênio na coluna d'água do viveiro e auxiliando no processo de nitrificação. A desvantagem do aerador é o aumento do custo de produção associado à aquisição do equipamento e gasto com energia elétrica.

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da renovação de água e do uso de aeradores sobre o crescimento do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*).

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no Setor de Carcinicultura (21°15'22''S e 48°18'48''W), Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) em Jaboticabal, SP. O experimento foi desenvolvido em 12 viveiros de 0,01 ha cada, com aproximadamente 1m de profundidade, durante 90 dias. Antes do experimento os viveiros foram drenados e secos, posteriormente foi feita calagem com cal hidratada (1t cal hidratada.ha⁻¹). A água proveniente dos viveiros foi de uma represa à montante do Setor de Carcinicultura.

Os viveiros foram estocados com 40 pós-larvas.m⁻² de *Macrobrachium amazonicum* (0,01g). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 réplicas. Os tratamentos foram: 1)fluxo contínuo de renovação de água e sem aeração suplementar (35% diária) (FC), 2)Sem renovação de água e sem aeração suplementar (SRSA), 3) Sem renovação de água e com aeração de dia das 14-16h (SRAD) e 4) Sem renovação de água e com aeração de noite das 23-05h (SRAN).

Foram utilizados seis aeradores B-500 AQUAHOBby, nos tratamentos com aeração suplementar.

Os camarões foram alimentados com ração comercial (Polinutri®), com 40% de proteína bruta no primeiro mês e 37% de proteína bruta nos meses seguintes. A dieta foi dividida em duas partes iguais e foi ofertada aos camarões das 7h30-8h30 e das 16h00-17h00.

As variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitoradas diariamente; material particulado em suspensão, clorofila-*a*, fósforo ácido-hidrolisável e nitrogênio total Kjeldahl foram mensurados semanalmente. Amostras de água dos viveiros foram coletadas pela manhã (06h00-06h30) a 20 cm do fundo. A temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD) e o pH foram mensurados com o auxílio da sonda multiparâmetro YSI modelos 55 e 63 (Yellow Spring Instruments, Yellow Springs, OH, USA). Foi coletada a água de abastecimento dos viveiros semanalmente. Para a determinação de material particulado em suspensão (MPS) foi utilizado o método gravimétrico descrito por Boyd e Tucker (1992); clorofila-*a* (espectrofotométrica, APHA 2005 -10200H), fósforo ácido-hidrolisável (colorimetria direta, APHA 2005 – 4500PD), e nitrogênio total Kjeldahl (semi-micro Kjeldahl, APHA 2005 – 4500 NC).

Foi aplicado o índice de uso da água segundo Boyd *et al.* (2007), em que:

$$\text{Índice do uso da água (m}^3\cdot\text{t}^{-1}) = \frac{\text{uso da água (m}^3\text{)}}{\text{produtividade (t)}}$$

Os nutrientes utilizados na aquicultura podem ser avaliados por diversos métodos, mas uma técnica simples é a soma da quantidade de nutrientes adicionados no sistema de produção na fertilização e na alimentação em todo o cultivo, dividido pela produção total final (Boyd *et al.*, 2007) como ilustrado abaixo para o nitrogênio:

$$\text{Nitrogênio usado (kg}\cdot\text{t}^{-1}) = \frac{N \text{ da fertilização} + N \text{ da ração (kg)}}{\text{produtividade (t)}}$$

Foi aplicada uma análise de componentes principais (ACP) aos valores das variáveis limnológicas ao longo do cultivo, foi aplicado a ACP às médias mensais destas

variáveis. Os resultados das variáveis limnológicas foram submetidos à estatística descritiva e, para testar a normalidade e a homocedasticidade dos dados foram utilizados os testes de D'Agostinho e de Bartlett, respectivamente e após os testes, foram comparados por análises estatísticas paramétricas ou não paramétricas. Para as variáveis que apresentarem distribuição normal e variância homogênea foi aplicado a ANOVA e a posteriori o teste de Tukey. Nos casos em que os pré-requisitos da ANOVA não foram satisfeitos foi aplicado o teste não-paramétrico de Kruskal - Wallis (Zar, 1998). As análises foram realizadas com o auxílio do programa Statistica, versão 7.1 (StatSoft, 2005).

RESULTADOS

A quantidade de dieta fornecida durante os 90 dias de experimento nos diferentes tratamentos foi $3,65 \pm 0,30 \text{ t.ha}^{-1}$. A produtividade final de camarões nos tratamentos foi de $1,00 \pm 0,97 \text{ t.ha}^{-1}$. A taxa média de sobrevivência foi de $65,6 \pm 6,1\%$ entre todos os viveiros.

A análise dos componentes principais (ACP) resumiu em seus dois primeiros componentes 85,69% da variabilidade dos dados de nitrogênio total Kjeldahl (NTK), material particulado em suspensão, clorofila-*a* e fósforo ácido- hidrolisável na água utilizada no viveiro de crescimento final de *M. amazonicum*. O componente 1 explicou 65,98% da variância total encontrada, enquanto que o componente 2 explicou 19,71%. Os acréscimos de nitrogênio total, material particulado em suspensão, clorofila-*a* apresentaram correlação positiva com o componente 1 e o acréscimo de fósforo ácido hidrolisável apresentou correlação negativa com o componente 2 (Tabela 1).

Os acréscimos dos valores das variáveis correlacionadas positivamente com o componente 1 da ACP (nitrogênio total, material particulado em suspensão e clorofila *a*) foram maiores no mês 3 (abril) e nos tratamentos sem renovação de água (SRSA, SRAD e SRAN).

Tabela 1. Correlação dos acréscimos de material particulado em suspensão (MPS), clorofila-*a* (CLO-*a*), fósforo ácido-hidrolisável (PAH), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), na água utilizada nos viveiros de crescimento final de *M. amazonicum* com os componentes 1 e 2 da ACP.

Variáveis	CP1	CP2
MPS	0,915	-0,071
CLO-a	0,859	-0,220
PAH	-0,565	-0,822
NTK	0,862	-0,243
Varição explicada	65,98%	19,71%

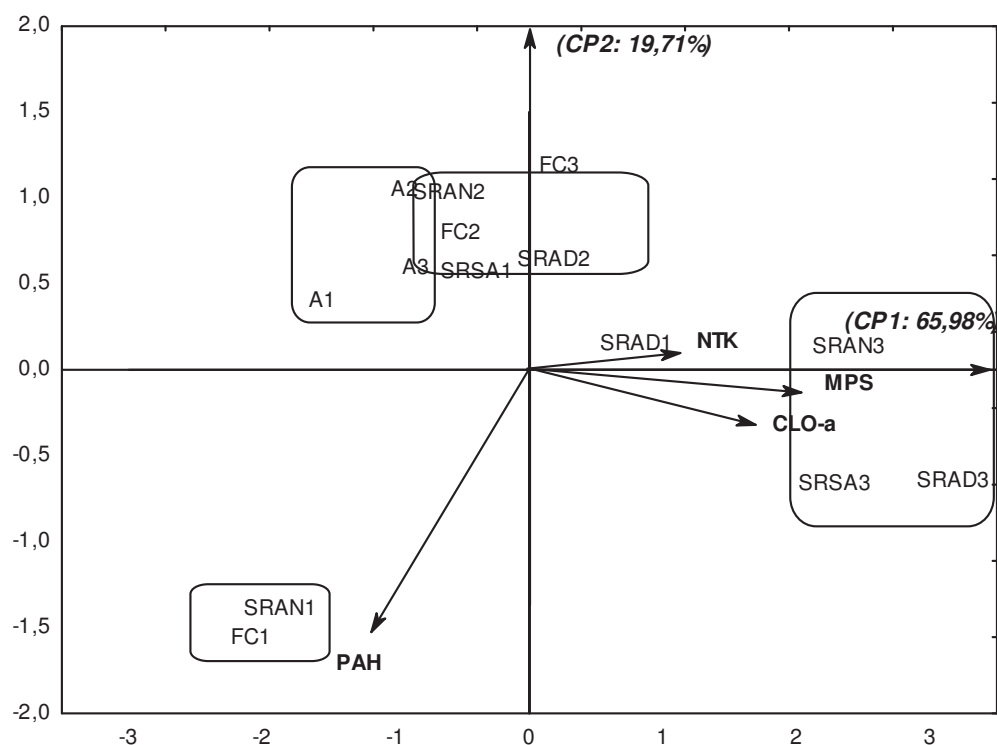


Figura 1. Ordenação pela ACP das coletas nos diferentes tratamentos e da água de abastecimento em função do acréscimo de material particulado em suspensão, clorofila-*a*, fósforo ácido hidrolisável e nitrogênio total na água utilizada nos viveiros de crescimento final de *M. amazonicum*. (A=água de abastecimento dos viveiros; FC=fluxo contínuo com 35% renovação diária; SRSA=sem renovação e sem aeração; SRAD=sem renovação e aeração das 14-16h; SRAN= sem renovação e aeração das 23-05h); 1,2 e 3 = meses de coleta=fevereiro, março e abril.

Os dados de sobrevivência, peso médio e produtividade dos camarões são apresentados na Tabela 2. Não foi observada diferença significativa ($p>0,05$) para a sobrevivência, peso médio e produtividade. A sobrevivência variou entre 63,1% em

SRAN e 69,7% em FC. O peso médio variou de 3,62 em FC a 4,17g em SRAD. A produtividade variou de 0,92 (SRAN) a 1,14 t.ha⁻¹ (FC) (Tabela 2).

Tabela 2. Dados zootécnicos da produção de camarão-da-amazônia submetidos a diferentes regimes de renovação de água e uso de aeradores (Kimpapa, 2011).

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Peso médio (g)	Produtividade (t.ha ⁻¹)
FC	69,7±5,5 ^A	3,62±2,65 ^A	1,14±0,07 ^A
SRSA	63,1±4,3 ^A	3,79±2,79 ^A	0,92±0,24 ^A
SRAD	65,8±9,7 ^A	4,17±2,92 ^A	0,95±0,05 ^A
SRAN	63,9±5,0 ^A	3,74±2,89 ^A	1,01±0,08 ^A

Média ± desvio padrão. Letras semelhantes não indicam diferença significativa (p>0,05). FC=fluxo contínuo de água (35% diário); SRSA=sem renovação de água e sem aeração; SRAD= sem renovação de água e aeração das 14-16h; SRAN= sem renovação de água e aeração das 23 às 05h.

Os valores médios de oxigênio dissolvido observados ao longo de todo período experimental, não apresentando diferenças significativas (Tabela 4) entre os tratamentos. No tratamento de fluxo contínuo de água os valores de oxigênio dissolvido variaram de 2,95 a 11,5 mg.L⁻¹, em SRSA de 1,67 a 15,62 mg.L⁻¹, em SRAD de 1,79 a 10,93 mg.L⁻¹ e em viveiros sem renovação de água e aeração noturna de 4,57 a 12,04 mg.L⁻¹.

Tabela 3. Valores mínimos e máximos, números em parênteses indicam a coleta, seguidos de médias±desvio padrão das variáveis limnológicas de viveiros de *M. amazonicum* sob diferentes manejos de renovação de água e uso de aeração suplementar.

Variáveis	Valores Referência*	FC	SRSA	SRAD	SRAN
Temperatura (°C)	24,0-32,5 ¹	22,3(10)-29,8(2) 26,1±2,42	21,6(10)-31,3(2) 25,9±2,7	22,2(10)-29,9(4) 26,1±2,6	21,5(10)-31,0(2) 25,6±2,9
Oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹)	1,7-13,2 ¹	2,95(3)-11,5(2) 6,4±2,5	1,67(9)-15,62(2) 6,9±3,7	1,79(8)-10,93(2) 6,3±2,7	4,57(6)-12,0(4) 7,9±2,4
pH	6,2 - 9,6 ¹	7,5(7)-9,4(1) 8,3±0,6	7,6(9)-9,8(2) 8,4±0,6	7,6(7)-9,9(4) 8,5±0,7	7,7(5)-9,2(4) 8,3±0,5
Sólidos em suspensão (mg.L⁻¹)	11,67±5,92 ²	1,4(2)-150,3(5) 40,1±42,9 A	3,1(7)-226,7(10) 61,8±52,7 AB	23,1(8)-353,8(8) 79,9±61,7 B	1,8(2)-485,9(10) 77,0±84,7 B
Clorofila-<i>a</i> (µg.L⁻¹)	153,0±125,0 ²	2,8(3)-664,2(4) 155,5±123,4 A	22,7(3)-940,7(4) 350,9±263,9 AB	8,5(3)-1058,0(4) 387,2±317,5 B	9,6(6)-995,6(4) 218,5±231,7 AB
Fósforo ácido-hidrolisável (µg.L⁻¹)	106,0±28,0 ³	5,5(9)-165,9(3) 18,6±29,3 A	7,3(2)-97,4(11) 22,4±17,0 B	5,3(5)-58,6(1) 20,4±12,4 B	5,0(2)-54,3(3) 19,0±11,5 B
Nitrogênio total Kjeldahl (mg.L⁻¹)	0,28±0,20 ⁴	0,2(5)-5,2(8) 0,9±0,8	0,2(8)-4,1(10) 1,1±1,2	0,3(2)-6,3(11) 1,6±1,5	0,2(4)-3,9(11) 1,2±0,8

FC= fluxo contínuo de água (35% diário), SRSA= sem renovação e sem areação de água, SRAD= sem renovação e aeração dia (14-16h), SRAN= sem renovação e aeração noite (23-05h); * = variáveis limnológicas referência para o cultivo de *M. amazonicum* ¹=Maciel e Valenti, 2009; ²=Kimpapa *et al.*, 2010; ³=dados de fósforo total de Kimpapa, 2006; ⁴= Henry-Silva *et al.*, 2010. Os valores médios seguidos de diferentes letras diferem estatisticamente p<0,05.

DISCUSSÃO

Observando os resultados da análise de componentes principais ocorre aumento nas concentrações das variáveis avaliadas em uma escala temporal dependente do tratamento empregado. Ocorreu um padrão de distribuição entre as coletas mensais da água de abastecimento. Foi observado também um padrão onde os viveiros com fluxo contínuo (FC) apresentaram características próximas das águas de abastecimento. Os tratamentos sem renovação de água (SRSA, SRAD e SRAN) apresentaram uma distribuição mensal, ocasionado pelos acúmulos de nitrogênio total, material particulado em suspensão, fósforo ácido hidrolisável e clorofila- em seus viveiros (Figura 1).

Conforme verificação nesse estudo, Henry-Silva (2005) também observou aumento dos valores de material particulado em suspensão, pH e oxigênio dissolvido na água utilizada em viveiros de manutenção de reprodutores de *M. amazonicum*, com biomassa de 85,7 g.m⁻². Neste estudo o manejo efetuado para o crescimento final de *M. amazonicum* na biomassa média de 83,9±12,27 g.m⁻² também provoca o aumento das concentrações de nitrogênio total e material particulado em suspensão na água utilizada no viveiro.

Os viveiros com fluxo contínuo de água apresentaram características limnológicas que os diferenciaram em relação aos demais tratamentos sem renovação de água (SRSA, SRAD, SRAN) em relação a material particulado em suspensão, clorofila-a e fósforo ácido hidrolisável. Os demais parâmetros avaliados temperatura, oxigênio dissolvido, pH e nitrogênio total não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) (Tabela 3). Este fato deixa evidenciado que a não renovação de água e a ausência de aeradores não influencia estas variáveis durante o cultivo, principalmente o oxigênio dissolvido que é uma variável extremamente importante e restritiva aos cultivos de camarão de água doce. As variáveis limnológicas nos viveiros sem renovação de água (SRSA, SRAD e SRAN) apresentaram valores que tiveram maiores influências ao longo do cultivo em comparação aos diferentes tratamentos empregados (Figura 1).

Em estudo com a mesma densidade de estocagem Kimpara *et al.*, 2010 encontraram valores de sobrevivência variando entre 68,0 a 76,0%. Os valores médios de pH foram ligeiramente superiores ao valor de referência para a espécie, porém *M. amazonicum* tolera valores de pH compreendidos entre 6,2 a 9,6 (Maciel e Valenti, 2009) (Tabela 3). Os maior valor mínimo de oxigênio dissolvido observado entre os tratamentos foi registrado no tratamento SRAN, podendo ser explicado pelo horário de aeração se encerrar próximo ao horário de coletas (Tabela 3).

Os viveiros que tiveram aeração suplementar (SRAD e SRAN) apresentaram médias de material particulado em suspensão diferentes estatisticamente ($p<0,05$) dos tratamentos com fluxo contínuo de água (FC) e sem renovação e sem aeração (SRSA) (Tabela 4). Este fato pode ser explicado pela ressuspensão do sedimento causado pelo

funcionamento dos aeradores, elevando as concentrações de material particulado em suspensão. Além do acúmulo de material particulado em suspensão nos viveiros houve acúmulo de fósforo ácido hidrolisável nos viveiros sem renovação de água (SRSA, SRAD, SRAN), onde estes diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) de fluxo contínuo, fato este esperado pela não renovação da água e acúmulo de nutrientes (Tabela 4). Não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) dos valores de nitrogênio total entre os tratamentos empregados

A quantidade de água usada durante o cultivo do camarão-da-amazônia foi alta em relação ao cultivo de camarão-marinho (*Litopenaeus vannamei*). O tratamento que mais utilizou água foi o de fluxo contínuo com 35% de renovação diária de água onde foram necessários $392.154,7 \text{ m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$ de camarão, sendo esta 4 vezes maior que a quantidade de água necessária para a produção da mesma quantidade de camarão-marinho. A quantidade de N usada para a produção de 1t de camarão-da-amazônia em SRAN foi de 186,5kg, sendo esta duas vezes superior a quantidade de N utilizada na produção semi-intensivo do camarão-marinho. Quando se considera o N da água de abastecimento dos viveiros observa-se que este índice é quatro vezes superior ao encontrado no cultivo de camarão-marinho em FC.

Tabela 4. Índice de uso da água e de uso do nitrogênio aplicados aos dados de crescimento final do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*).

Tratamentos	Índice de uso da água ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)		Índice de uso de N ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$)		
	Presente trabalho	Cultivo de camarão-marinho com 5% renovação de água*	Índice de Boyd** + N água de abastecimento	Índice de Boyd**	Cultivo semi-intensivo de camarão-marinho***
FC	392.154,7	50.000 – 100.000	399,8	153,8	80,0
SRSA	177.925,8	50.000 – 100.000	296,5	186,2	80,0
SRAD	212.792,4	50.000 – 100.000	306,5	162,6	80,0
SRAN	152.843,0	50.000 – 100.000	284,6	186,5	80,0

Legenda: FC=fluxo contínuo de água (35% diário); SRSA=sem renovação de água e sem aeração; SRAD= sem renovação de água e aeração das 14-16h; SRAN= sem renovação de água e aeração das 23-05h. *(Yoo e Boyd, 1994); **(Boyd *et al.*, 2007); *** (Boyd, 1995).

Os tratamentos sem renovação de água (SRSA, SRAD, SRAN) apresentaram elevados índices de uso de água em virtude dos viveiros apresentarem problemas com infiltração, demandando uma maior quantidade de água para a manutenção de seus

níveis normais. O índice de uso da água (Boyd *et al.*, 2007) foi superior em todos os tratamentos em comparação ao cultivo de camarão-marinho (com renovação de 5% diária)(Tabela 3). Este índice relaciona a quantidade de água em relação à produtividade ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$), estes resultados podem ser influenciados pela baixa produtividade do cultivo de camarão-da-amazônia (neste trabalho de $1,00 \pm 0,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) em comparação ao camarão-marinho (*Litopenaeus vanameii*) (em média $3,00 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Casillas-Hernández *et al.*, 2006).

Quando somados o N da água de abastecimento ao índice de uso de N (Boyd *et al.*, 2007) em fluxo contínuo encontramos o dobro do valor original (Tabela 3). Este resultado foi encontrado em virtude da quantidade de N que já é incorporada ao sistema pela água de abastecimento e que não é considerada pelo índice de Boyd *et al.*, 2007.

CONCLUSÕES

Nos tratamentos sem renovação de água ocorreram aumentos nas concentrações de nutrientes ao longo do cultivo. A água dos viveiros com fluxo contínuo de água apresentou características similares à água de abastecimento dos viveiros. Conclui-se de acordo com este estudo que nas condições experimentais não serão necessários a renovação da água e o uso de aeração suplementar nesta densidade de cultivo ($40 \text{ indivíduos} \cdot \text{m}^{-2}$) para o camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) em sistema semi-intensivo. Estas práticas de manejo contribuirão para um aumento da sustentabilidade desta produção aquícola.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à FAPESP pelo suporte financeiro (Processos: 2009/07894-1 e CNPq 474761/2007-0). Ao Dr. Wagner Cotroni Valenti pelo suporte logístico na realização do estudo e José R. Polachini, Janaína M. Kimpara, Fabrício R.T. Rosa, Michelle Roberta e Daniela Dantas pela ajuda no trabalho de campo e laboratório.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition.

AVNIMELECH, Y.; MOZES, N.; WEBER, B. 1992. Effects of aeration and mixing nitrogen and organic matter transformations in simulated fish ponds. *Aquaculture Engineer*, v.11, p.157-169.

BOYD, C.E. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University. 482p.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn: Auburn University, 183p.

BOYD, C.E.; D. TEICHERT-CODDINGTON. 1995. Dry matter, ash, and elemental composition of pond-cultured *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26: 88-92.

BOYD, C.E.; QUEIROZ, J.F. 2004. Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. In... Tópicos avançados em piscicultura de água doce tropical intensiva. Ed. CYRINO, J. E. P...[et al.].--São Paulo: TecArt.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15: 327-360.

CASILLAS-HERNÁNDEZ, R.; MAGALLON-BARAJAS, F.; PORTILLO CLARCK, G.; PÁEZ-OSUNA, F. 2006. Nutrient mass balance in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico using two feeds strategies: Trays and mechanical dispersal. *Aquaculture*. v. 258. p. 289-298.

FUNGE-SMITH, S.J.; BRIGGS, M.R.P. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture* 164, p. 117-133.

HARGREAVES, J.A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*. 166: 181-212.

HENRY-SILVA, G.G. 2005. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas, interações ecológicas e valor nutritivo da biomassa vegetal para tilápia do Nilo. Tese (Doutorado em Aquicultura), Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. 132f.

HENRY-SILVA, G.H.; CAMARGO, A.F.M.; PONTES, C.S.; MIYASE, L.K. 2010. Características limnológicas da coluna d'água e dos efluentes de viveiros de criação de camarão-da-amazônia. *R. Bras. Zootec.* V.39, n.10, p. 2099-2107.

HOPKINS, J.S.; HAMILTON II, R.D.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C.L.; STOKES, A.D. 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.24, n.3, p. 304-320.

KEPPELER, E. C.; Valenti, W. C. 2006. Effects of selective harvest of the amazon river prawn, *Macrobrachium amazonicum*, on pond water, sediment and effluent. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 110-119.

KIMPARA, J.M. 2006. Intensificação do cultivo de *Macrobrachium amazonicum*: efeito das estratégias de estocagem e despesca na água dos viveiros, efluentes e sedimentação em viveiros de crescimento final. Dissertação (Pós Graduação em Aquicultura), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP. 60p.

KIMPARA, J.M.; ROSA, F.R.T.; PRETO, B.L.; VALENTI, W.C. 2010. Limnology of *Macrobrachium amazonicum* in grow-out ponds subject to high inflow of nutrient rich water and different stocking and harvest management. *Aquac. Res.* p. 1-9.

KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. 2000. Culture of other prawn species. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C. (Ed). *Freshwater prawn culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford: Blackwell Science. p. 393-410.

MACIEL, C.R.; VALENTI, W.C. 2009. Biology, Fisheries and Aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. *Nauplius*, 17(2): 61-79.

MELO, G.A.S. 2003. Famílias Atyidae, Palaemonidae e Sergestidae. In: MELO, G.A.S. (Ed.). *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. São Paulo: Edições Loyola. p. 289-415.

MORAES-RIODADES, P.M.C.; VALENTI, W.C. 2001. Freshwater prawn farming in Brazilian Amazônia shows potencial for economic and social development. *Global Aquaculture Advocate*, 4(5): 73-74.

MORAES-RIODADES, P. M. C.; KIMPARA, J. M.; Valenti, W. C. 2006. Effect of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* culture intensification on ponds hydrobiology. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 18, p. 311-319.

SENGUPTA, S.; JANA, B.B. 1987. Effect of aeration on the primary productivity of phytoplankton in experimental tanks. *Aquaculture*, v. 62, p. 131-142.

STATSOFT, INC., 2005. *STATISTICA (data analysis software system), version 7.1*. www.statsoft.com

SUGIURA, S.H.; DONG, F.M.; RATHBONE, C.K.; HARD, R.W. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, 159: 177-202.

YOO, K.H.; C.E. BOYD. 1994. *Hydrology and Water Supply for Aquaculture*. New York : Chapman and HALL.

ZAR, J.H. 1998. *Biostatistical Analysis*. 4 th ed. Prentice Hall, New Jersey. 929p.

Capítulo 3

**Abordagem multivariada das características
limnológicas de viveiros de crescimento final de
camarão-da-amazônia sob efeito do uso de
aeradores e renovação da água**

Abordagem multivariada das características limnológicas de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia sob efeito do uso de aeradores e da renovação da água

Resumo. A prática da carcinicultura pode alterar as características da água utilizada nos viveiros de cultivo. Estas alterações variam em função da espécie cultivada, da densidade de cultivo e do manejo alimentar. No entanto, há pouca informação sobre o uso de aeradores e renovação da água em carcinicultura de água doce. Para tanto, 12 viveiros de fundo natural com aproximadamente 0,01 ha de área foram povoados com 40 pós-larvas.m⁻² de *M. amazonicum*. Para avaliar o efeito de aeradores e da renovação da água nas características limnológicas dos viveiros, o delineamento foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições. Tratamento I viveiros com renovação diária de água de 35%, II sem renovação de água e sem aeração, III sem renovação de água e aeração das 14 às 16h e IV sem renovação de água e aeração das 23 às 5h. Foram realizadas onze coletas semanais entre fevereiro a maio de 2008 das variáveis limnológicas. Após a aplicação de uma análise de fatores aos resultados de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, clorofila-*a*, material particulado em suspensão, nitrogênio total, nitrito, nitrato, amônia, fósforo ácido-hidrolisável, e alcalinidade conclui-se que os processos de decomposição, respiração, bioturbação provavelmente foram os responsáveis pela explicação do fator 1. A formação de N inorgânico é responsável pela variabilidade dos dados no fator 2. O fator 3 foi explicado pela formação de sólidos totais vs. alcalinidade e o fator 4 explicam a relação entre o oxigênio dissolvido e a formação de partículas orgânicas. Ocorrem diferenças significativas mais expressivas em escala temporal que entre os tratamentos empregados, concluindo-se que as variáveis ambientais foram mais influentes neste sistema de cultivo.

Palavras-chave: *Macrobrachium amazonicum*, análise de fatores, fatores ecológicos, limnologia.

INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões de água doce tem sido reportado como uma atividade de baixo impacto ambiental (Valenti, 2002). O sistema mais utilizado na carcinicultura de água doce é o semi-intensivo, que é caracterizado principalmente pela obtenção de produtividade intermediária em relação aos sistemas extensivo e intensivo, utilização de viveiros com baixa renovação diária de água, dependência de alimento natural e alóctone, utilização de mão-de-obra permanente e controle das condições de cultivo.

Muitas vezes, a intensificação nos manejos é usada nos sistemas semi-intensivo, sem uma análise dos fatores limitantes, o que aumenta os custos do capital construído e do ambiental, sem ganho em produção. Desse modo, é importante avaliar as limitações da produção nos sistemas semi-extensivos e a eficiência dos manejos propostos.

A renovação da água dos viveiros tem sido usada para aumentar a capacidade de carga dos viveiros. A água doce é um recurso naturalmente escasso em várias regiões do planeta e, recentemente, vem se tornando limitante também em regiões mais úmidas devido ao mau uso. A adoção de manejos que utilizem água de forma mais eficiente e conservativa pode reduzir o custo dos produtos da aquicultura, além de poupar água para outros setores. Além disso, a redução no uso de água diminui o volume de efluentes de viveiros e conseqüentemente do lançamento de poluentes no meio ambiente (Boyd et al., 2007).

A renovação da água dos viveiros pode não ser necessária em muitos sistemas de cultivo e pode inclusive não ser eficiente para a manutenção dos níveis adequados das principais variáveis limnológicas (Boyd & Tucker, 1998). No entanto, a renovação contínua ainda é o manejo mais recomendado na literatura e mais praticado por produtores em várias regiões. Diminuindo-se a quantidade de troca da água, aumenta-se o tempo de retenção no interior dos viveiros, possibilitando a ação de processos naturais para assimilarem resíduos, diminuindo os poluentes liberados (Boyd, 2005).

Os efeitos dos subprodutos tóxicos podem ser reduzidos devido à renovação de água ou do processamento dos mesmos no interior dos viveiros. As etapas principais do metabolismo do ecossistema aquático são produção, consumo e decomposição. O

equilíbrio dessas etapas pode ser encontrado em ecossistemas maduros. O tempo de residência reduzido pode favorecer o amadurecimento do ecossistema e, portanto, sua capacidade de assimilação dos subprodutos tóxicos.

A redução do oxigênio dissolvido à noite pode ser resolvida com a aeração no período das 14h00 às 16h00 ou com alto fluxo de água através dos viveiros. O uso de aeradores, apesar de poupar o uso de água por meio de renovação contínua, implica em maior *input* energético, além de afetar o ecossistema de viveiros. Este é um manejo amplamente divulgado entre os aquicultores, mas seu efeito na limnologia de viveiros é raramente avaliada. Assim, este trabalho visa determinar os efeitos da redução no uso da água e do uso de aeradores em processos ecológicos que ocorrem em viveiros de crescimento final do camarão-da-amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em 12 viveiros de 0,01 ha cada, com aproximadamente 1m de profundidade, durante 90 dias. Antes do experimento os viveiros foram drenados e secos, posteriormente foi feita calagem com cal hidratada (1t cal hidratada.ha⁻¹). A água proveniente dos viveiros foi de uma represa à montante, sendo esta passada por um sistema de filtro de cascalho antes de chegar aos viveiros.

Os viveiros foram estocados com pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* a uma densidade de 40 PL.m⁻² (0,01g). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 réplicas. Os tratamentos foram: 1)fluxo contínuo de renovação 35% diária de água e sem aeração suplementar (FC), 2)Sem renovação de água e sem aeração suplementar (SRSA), 3) Sem renovação de água e com aeração suplementar das 14-16h (SRAD) e 4) Sem renovação de água e com aeração suplementar das 23-05h (SRAN). Foram utilizados seis aeradores B-500 AQUAHOBBY (Bernauer Aquacultura S.A., Blumenau, Santa Catarina), nos tratamentos com aeração suplementar.

Os camarões foram alimentados com ração comercial (Polinutri® - Policamarão), com 40% de proteína bruta no primeiro mês e 37% de proteína bruta nos meses seguintes. A dieta foi dividida em duas partes iguais e foi ofertado aos camarões das 7h30-8h30 e das 16h00-17h00. No primeiro mês e diariamente a taxa de alimentação nos viveiros foi de $2,5 \text{ g.m}^{-2}$. No segundo mês em diante a taxa de alimentação variou de 9 a 6% da biomassa dos camarões, decrescendo à medida que a biomassa aumentava.

A quantidade de dieta fornecida (t.ha^{-1}) durante os 90 dias de experimento nos sistemas de manejo com fluxo contínuo com renovação diária de 35% de água (FC), sem renovação e sem aeração (SRSA), sem renovação e aeração 14-16h (SRAD), sem renovação e aeração das 23-05h (SRAN) foi de 3,77; 3,59; 3,27 e 3,98, respectivamente. A quantidade de ração foi reduzida à metade quando os níveis de oxigênio dissolvido se encontravam entre 2,5 e $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ na manhã e suspensa quando os níveis estavam abaixo de $2,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Nestes casos, aeradores de emergência foram utilizados.

As variáveis temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitoradas diariamente; sólidos em suspensão, clorofila-*a*, fósforo ácido-hidrolisável e nitrogênio total Kjeldahl semanalmente. Amostras de água dos viveiros foram coletadas pela manhã (06h00-06h30), a temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD) e o pH foram mensurados com sondas multiparâmetro YSI modelos 55 e 63 (Yellow Spring Instruments, Yellow Springs, OH, USA). Para a determinação de material particulado em suspensão (MPS) foi utilizado o método gravimétrico descrito por Boyd e Tucker (1992); clorofila-*a* (espectrofotométrica, APHA 2005 -10200 H), fósforo ácido-hidrolisável (colorimetria direta, APHA 2005 – 4500PD), nitrito (colorimétrico, APHA 2005 - 4500, NO_2 B), nitrato (redução de Cd, APHA 2005 – 4500 NO_3 E), amônia (fenol colorimétrico, APHA 2005 – 4500 NH_3 F) e nitrogênio total Kjeldahl (semi-micro Kjeldahl, APHA 2005 – 4500 NC).

Os procedimentos multivariados, k-médias e componentes principais, foram aplicados aos valores das variáveis limnológicas (ANEXOS – Tabelas 1 a 11) (Milstein, 1993) com valores padronizados, resultando em média nula e variância unitária

(Hartingan, 1975). Na análise de fatores, foram extraídos de componentes principais e rotacionados pelo método de rotação varimax. A ANOVA (DIC) para cada fator foi processada utilizando-se os respectivos escores e o teste *post-hoc* Scheffe foi utilizado para avaliar as diferenças entre as médias dos tratamentos. As análises foram realizadas utilizando-se os procedimentos FACTOR e GLM do pacote estatístico SAS (versão 8.2, SAS Institute, Cary, NC, USA). As diferenças foram consideradas significativas para $p < 0,05$.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

As produtividades finais de camarões nos tratamentos foram de 1,14 (FC), 0,92(SRSA), 0,95 (SRAD), 1,01 (SRAN) t.ha⁻¹. A taxa média de sobrevivência foi de 65,6±6,1% entre todos os viveiros.

Fator 1 (F1): temperatura e atividade no fundo (decomposição, respiração e bioturbação)

Responsável por 24% da variabilidade total dos dados. F1 mostra correlação positiva entre T, pH, fosfatos, e em menor grau (menores coeficientes) com nitrito, e correlação negativa fraca com partículas orgânicas (NTK). O F1 indica processos que ocorrem no fundo dos viveiros. Decomposição orgânica libera fosfatos e nitrito. A atividade dos camarões ressuspensa partículas do fundo e promove a difusão de nutrientes na coluna d'água (bioturbação). A decomposição e respiração diminuem pH. Esses processos estão ligados a temperatura, que diminuiu de fevereiro para abril, o que explica a diminuição significativa do F1 ao decorrer da amostragem (Figura 1). Assim, no começo do experimento a temperatura e o pH foram altos, os camarões sendo ainda pequenos não produziram muita bioturbação do sedimento, e a decomposição de matéria orgânica acumulada no fundo durante os 2 meses anteriores liberou fosfato e nitrito na água.

Tabela 1. Resultados da análise de fatores, ANOVA e Scheffe multi-comparação das médias dos tratamentos e das variáveis analisadas semanalmente.

Fatores:	F1	F2	F3	F4
Temperatura	0,78	-0,24	0,22	0,05
Oxigênio dissolvido	0,27	0,14	0,12	0,70
pH	0,67	-0,44	0,13	0,28
Sólidos totais em suspensão	-0,24	0,14	-0,54	0,41
Alcalinidade	-0,19	0,06	0,60	0,36
Fósforo ácido hidrolisável(PAH)	0,57	0,38	-0,34	-0,20
Ortofosfato (PO ₄)	0,69	0,12	-0,28	0,03
Nitrogênio total amoniacal (NH ₄)	0,09	0,69	0,33	0,20
Nitrito (NO ₂)	0,47	0,77	-0,12	-0,08
Nitrato (NO ₃)	-0,30	0,61	0,36	-0,18
Nitrogênio total Kjeldahl(NTK)	-0,44	0,13	-0,47	0,43
Variância explicada (%)	24	17	13	11
Interpretação	Temperatura e atividade no sedimento (decomposição, respiração e bioturbação)	Nitrogênio inorgânico	Partículas orgânicas vs. alcalinidade	OD e partículas orgânicas
Modelos ANOVA				
Significância	***	***	**	***
r ²	0,90	0,72	0,61	0,78
Fontes de variação	Sign. %SS	Sign. %SS	Sign. %SS	Sign. %SS
Tratamentos	ns 1	*** 32	** 17	*** 20
Data de coleta	*** 89	*** 40	*** 55	*** 57
tratam*data	ns 10	ns 28	ns 28	ns 23
Multicomparação de medias por tratamentos (n)				
Abast. (10)	-0,17	0,29 a_	0,74 a_	-0,69 _c
FC (28)	-0,02	0,26 a_	0,25 ab	-0,43 _bc
SRSA (28)	-0,01	-0,52 _b	-0,17 _b	0,14 ab_
SRAD (28)	-0,03	-0,49 _b	-0,53 _b	0,04 ab_
SRAN (30)	0,14	0,61 a_	0,17 ab	0,46 a_
Multicomparação de medias por datas (n)				
19-Fev (12)	2,09 a_	0,62 ab_	-1,04 _c	-0,21 __cd
26-Fev (7)	0,98 _b_	-0,82 _c	1,03 ab_	0,77 abc_
4-Mar (11)	0,34 _bc_	-0,47 abc	-0,20 abc	-0,64 __d
11-Mar (11)	0,82 _bc_	-0,57 _bc	1,20 a_	0,99 ab_
18-Mar (12)	-0,57 __de	-0,47 abc	0,11 abc	-0,52 __d
25-Mar (12)	0,12 __cd_	-0,82 _c	0,33 abc	-0,53 __d
1-Abr (11)	-0,61 __de	0,13 abc	-0,06 abc	-0,14 _bcd
8-Abr (13)	-0,56 __de	0,30 abc	-0,19 abc	-0,40 __cd
15-Abr (12)	-0,56 __de	0,35 abc	0,14 abc	-0,52 __d
22-Abr (11)	-0,91 ____e	0,59 ab_	-0,52 abc	0,07 _bcd
29-Abr (12)	-0,71 ____e	0,76 a_	-0,31 abc	1,51 a_

Coeficientes em negrito foram usados na interpretação (>0,4). r² = coeficiente de determinação. Nível de significância= 0,05; ** = 0,01 *** = 0,001, ns = não significativo. %SS= percentual da soma total de quadrados. Multicomparação de médias: letras iguais em cada coluna indica que não houve diferença significativa ao nível de 0,05. a>b>...124 observações.

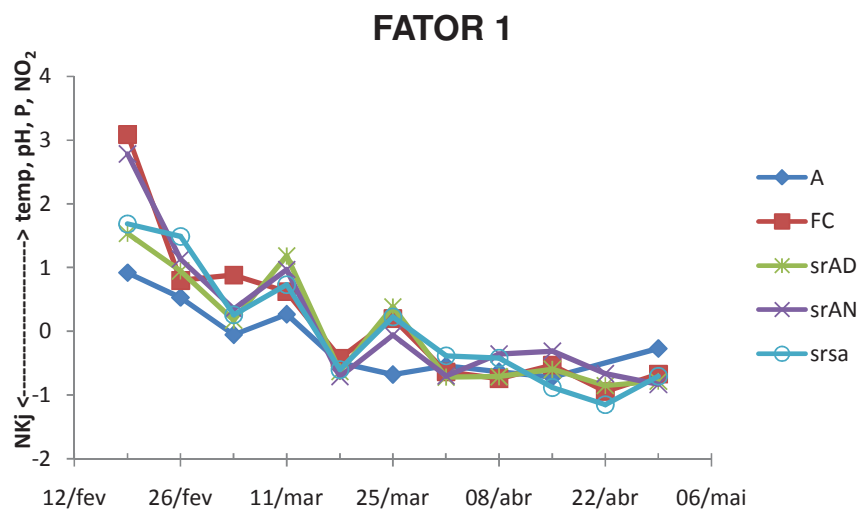


Figura 1. Fator 1 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna; srsa= sem renovação de água e sem aeração suplementar.

No curso do experimento o crescimento dos camarões e o aumento de alimento fornecido aumentam a carga orgânica nos viveiros (aumento de NTK) aumentando os processos de decomposição e respiração (diminuição de pH), e a bioturbação produzida pelos camarões promoveu a ressuspensão de partículas (aumento de NTK) e a difusão dos nutrientes liberados pela decomposição na coluna d'água (diminuição de PAH, PO_4 e NO_2 da água do fundo). Além dessa tendência geral do F1 durante a estação de cria, observou-se o efeito do início do funcionamento dos aeradores e da renovação de água que começaram a funcionar um dia antes da primeira amostragem. Assim, na primeira amostragem o F1 mostrou valores maiores precisamente nos tratamentos com maior movimentação do fundo: FC fluxo contínuo e SRAN sem renovação com aeração a noite durante 6 horas o que teria revolvido o sedimento, sendo que a amostra foi tomada só 1 hora depois de desligado o aerador. Nas restantes amostragens não houve diferenças do F1 entre tratamentos (Tabela 1).

Fator 2 (F2): N inorgânico

Responsável por 17% da variabilidade total dos dados. F2 mostra forte correlação positiva entre as três formas de nitrogênio inorgânico, e correlação negativa fraca com pH. O F2 indica nitrogênio inorgânico total (NO_3 , NO_2 e NH_4^+), que estaria em sua maioria relacionada a processos de mineralização que diminuem o pH. Este fator mostra claramente o efeito do início da aeração e renovação de água nos tratamentos FC e SRAN, que apresentaram nitrogênio inorgânico muito mais alto na primeira amostragem do que no abastecimento e nos tratamentos sem movimentação do fundo antes da amostragem (SRSA e SRAD). A partir da segunda amostragem e até o final do experimento os valores de nitrogênio inorgânico elevaram-se constantemente em todos os tratamentos (Figura 2). O fator apresentou diferenças significativas entre tratamentos, sendo o nitrogênio inorgânico significativamente maior na água de abastecimento e nos tratamentos com movimento de água no viveiro (FC fluxo contínuo e SRAN sem renovação e aeração a noite durante 6 horas o que teria revolvido o sedimento, sendo que a amostra foi tomada só 1 hora depois de desligado o aerador) do que nos tratamentos com água sem movimentação (sem renovação de água e sem aeração ou com 2 horas de aeração diurna, sendo que a amostra foi tomada 14 horas depois de desligado o aerador). As coletas foram realizadas no mesmo horário para todos os viveiros (entre 6 e 6h30 da manhã).

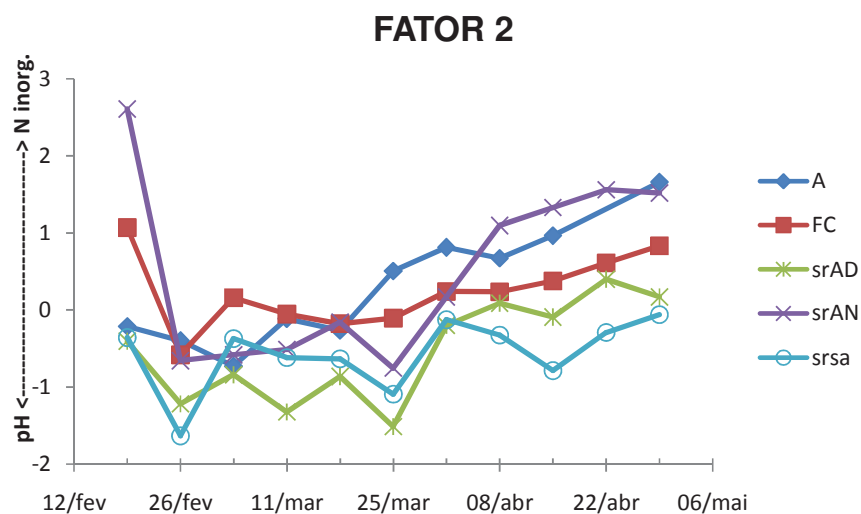


Figura 2. Fator 2 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna; srsa= sem renovação e sem aeração suplementar.

Fator 3 (F3): sólidos totais vs. alcalinidade

Responsável por 13% da variabilidade total dos dados. F3 mostra correlação positiva entre as duas variáveis indicadoras de sólidos totais (material particulado em suspensão e nitrogênio total), negativamente correlacionadas com alcalinidade. O F3 apresentou variações mais pronunciadas com poucas diferenças entre tratamentos no início do experimento (Figura 3). A partir de março a alcalinidade da água de abastecimento foi maior e a quantidade de partículas menor do que nos viveiros. No conjunto dos dados o fator apresentou diferenças significativas entre tratamentos, sendo significativamente maior (com menos material particulado em suspensão e mais alcalinidade) na água de abastecimento do que nos tratamentos com água sem movimentação (SRSA e SRAD). Nos tratamentos com movimento de água no viveiro (FC e SRAN) os valores foram intermediários, não significativamente diferentes dos dois grupos.

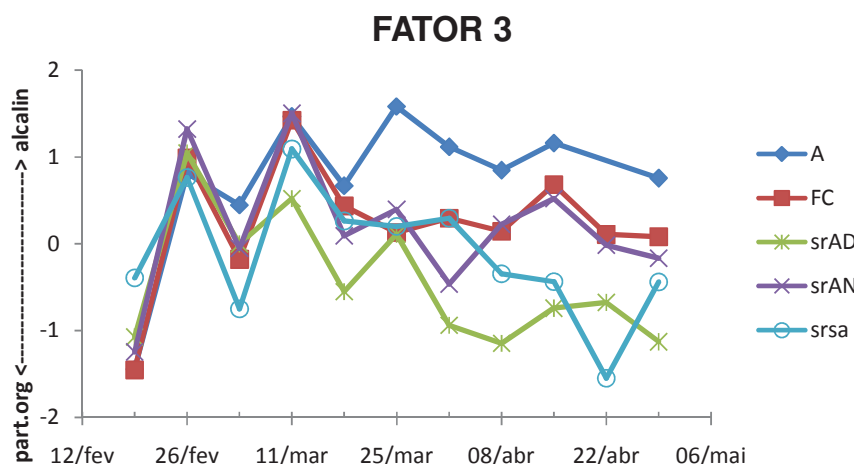


Figura 3. Fator 3 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna; srsa= sem renovação e sem aeração suplementar.

Fator 4 (F4): Oxigênio dissolvido e partículas orgânicas

Responsável por 11% da variabilidade total dos dados. F4 mostra valores de oxigênio dissolvido positivamente correlacionado com as duas variáveis indicadoras de partículas orgânicas (material particulado em suspensão e nitrogênio total). O F4 apresentou variações pronunciadas no início do experimento e tendência a aumentar no final (Figura 4).

O fator apresentou diferenças significativas entre tratamentos, apresentando menos OD e partículas no abastecimento do que os 3 tratamentos sem renovação de água, especialmente com o de aeração noturna. No tratamento com fluxo contínuo (FC) os valores foram intermediários, não significativamente diferentes do abastecimento e dos tratamentos com água sem movimentação (SRSA e SRAD), porém significativamente menor do que no SRAN (efeito do aerador desligado 1 hora antes da amostragem).

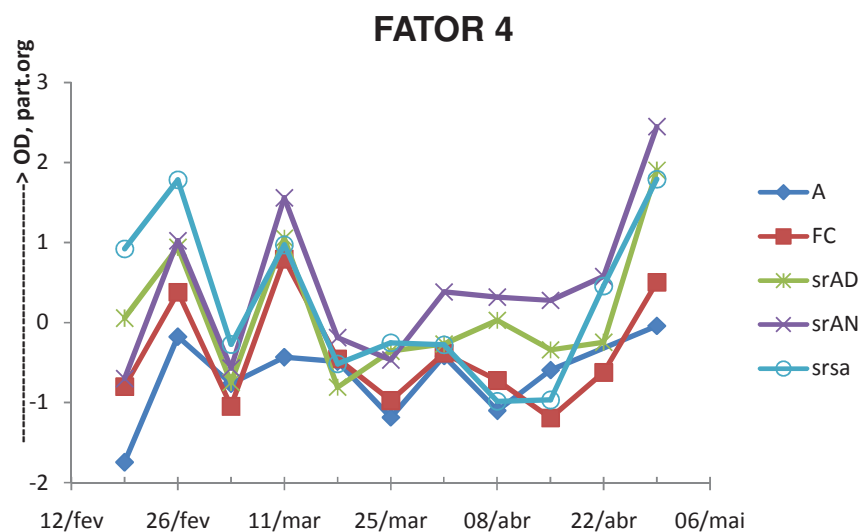


Figura 4. Fator 4 expressado ao longo das datas de coletas. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.

Interação Fator 1*Fator 2

No início do experimento com temperatura alta e pouca bioturbação de sedimentos (F1 alto) os níveis de nitrogênio inorgânico na água do fundo foi baixa (F2 baixo) em todos os tratamentos (pontos concentrados no quadrante inferior direito do gráfico), especialmente nos tratamentos com água sem movimentação (SRSA e SRAD com valores menores no F2). No final do experimento, com o aumento da bioturbação produzida pelos camarões já maiores e a queda de temperatura (F1 baixo), o nitrogênio inorgânico aumentou e o pH diminuiu (aumento de F2), porém esse aumento foi menor nos tratamentos com água sem movimentação (SRSA e SRAD no quadrante inferior esquerdo) do que no abastecimento e nos tratamentos com movimento de água no viveiro (FC e SRAN no quadrante superior esquerdo). A exceção a esse padrão ocorreu na primeira amostragem em SRAN e FC (pontos no quadrante direto superior), devido à turbulência causada pelo início da aplicação de aeração noturna e renovação contínua de água no dia anterior a amostragem (Figura 5).

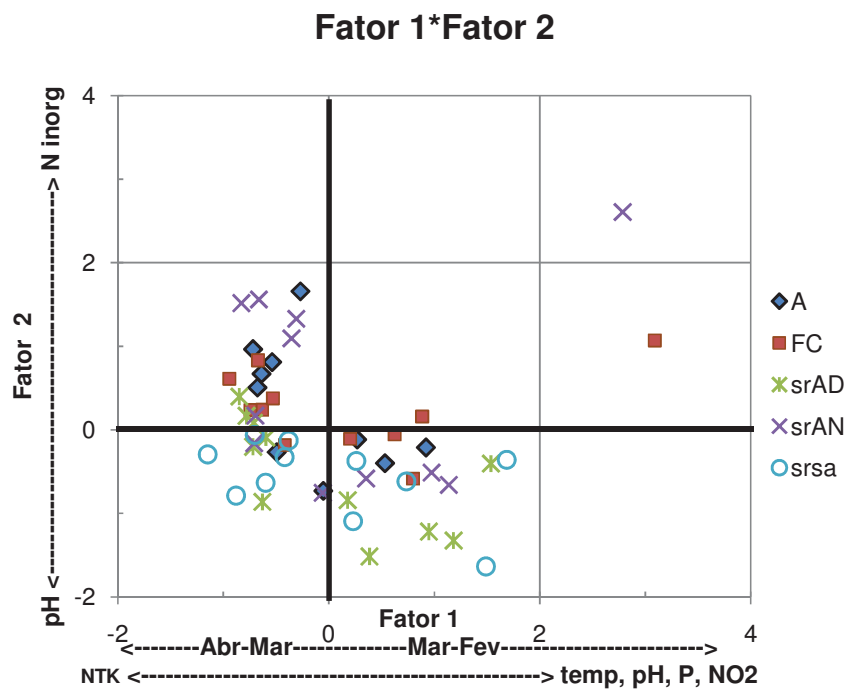


Figura 5. Interação das médias do fator 1*fator 2. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna; srsa= sem renovação e sem aeração suplementar.

Interação Fator 1*Fator 3

Os pontos da primeira amostragem (19-Fev) no quadrante inferior direito (rodeados por um círculo), indicando baixa bioturbação (alto F1) com alto nível de partículas orgânicas (F3 baixo) devido à turbulência causada pelo início da aplicação de aeração noturna e renovação contínua de água no dia anterior a amostragem. Nas restantes amostras a água de abastecimento dos viveiros sempre teve alta alcalinidade e baixo teor de partículas orgânicas (F3 alto, pontos nos quadrantes superiores). Nos tratamentos, com uma redução de partículas e aumento da alcalinidade (alto F3, pontos de todos os tratamentos no quadrante superior direito), com o passar do tempo e o crescimento e atividade dos camarões (diminuição do F1) teve um aumento de partículas orgânicas e diminuição de alcalinidade na água do fundo (diminuição do F3). Esse aumento de partículas orgânicas foi menor nos tratamentos com movimento de água (FC e SRAN, pontos nos quadrantes superiores) do que nos tratamentos com

água sem movimentação (SRSA e SRAD, pontos de Fev-Mar no quadrante superior direito, pontos de Mar-Abr no quadrante inferior esquerdo) (Figura 6).

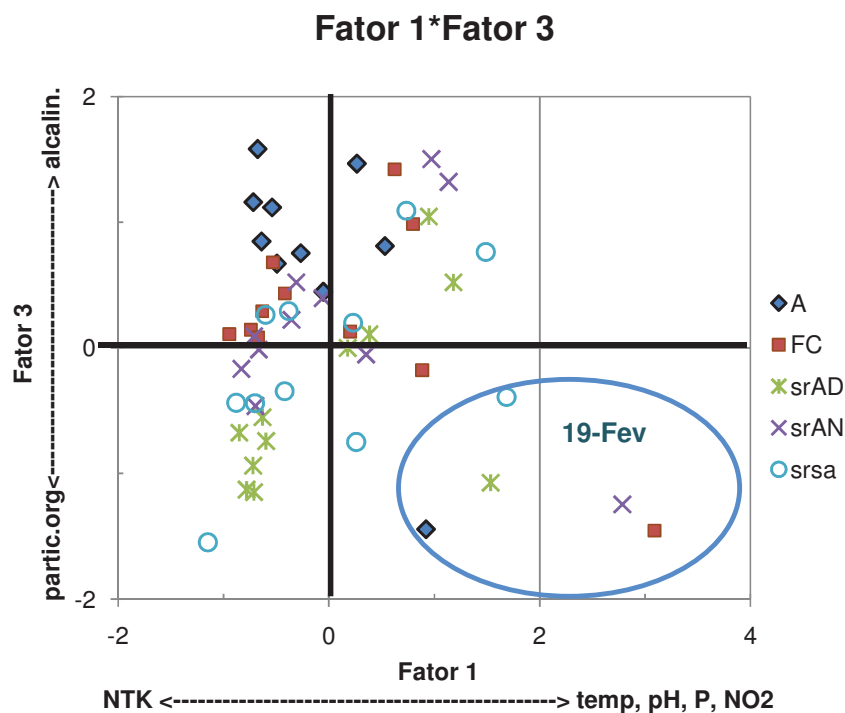


Figura 6. Interação das médias do fator 1*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.

Interação Fator 2*Fator 3

Exceto na primeira amostragem, a água de abastecimento apresentou alto F3 (poucas partículas orgânicas e alta alcalinidade, pontos nos quadrantes direitos), que nos tratamentos com movimento de água (FC e SRAN) em geral diminuiu (aumento de partículas orgânicas e diminuição de alcalinidade, maioria dos pontos mais a esquerda em relação ao abastecimento). Os tratamentos de águas sem movimentação (SRSA e SRAD) apresentaram ainda maior acumulação de partículas orgânicas (menor F3) junto com um menor teor de nitrogênio inorgânico e maior pH (menor F2) (pontos nos quadrantes inferiores, principalmente no esquerdo)(Figura 7).

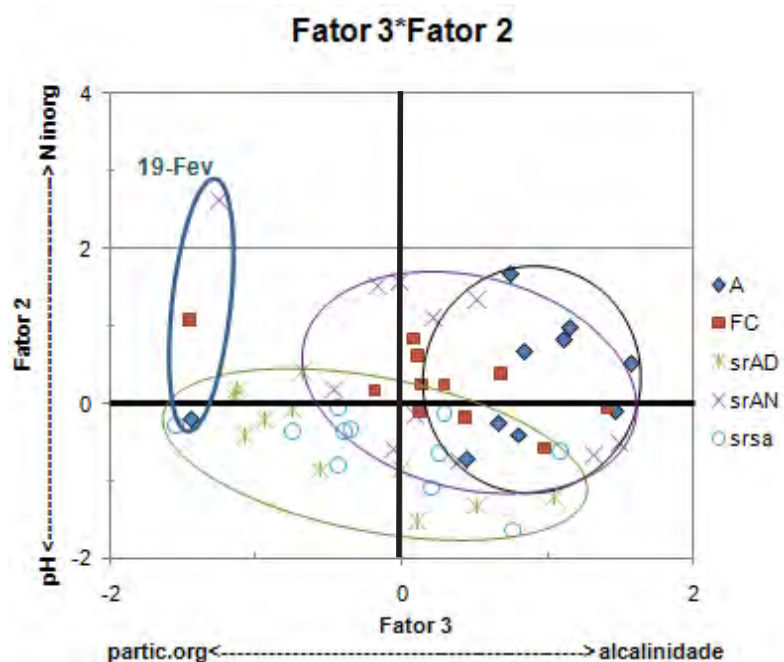


Figura 7. Interação das médias do fator 2*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.

Interação Fator 2*Fator 4

A água do abastecimento com baixos valores de oxigênio dissolvido e partículas (baixo F4, pontos nos quadrantes esquerdos), sem muitas diferenças no tratamento de fluxo contínuo, mas com maior teor de OD e partículas nos tratamentos sem renovação de água (maior F4). Porém, além do aumento do F4, o tratamento com aeração noturna apresentou maior teor de nitrogênio inorgânico e menor pH (maior F3, pontos mais a direita e acima do que no abastecimento) do que nos tratamentos sem aeração com só 2 horas de aeração durante horas do dia (pontos mais a direita e abaixo do que no abastecimento) (Figura 8).

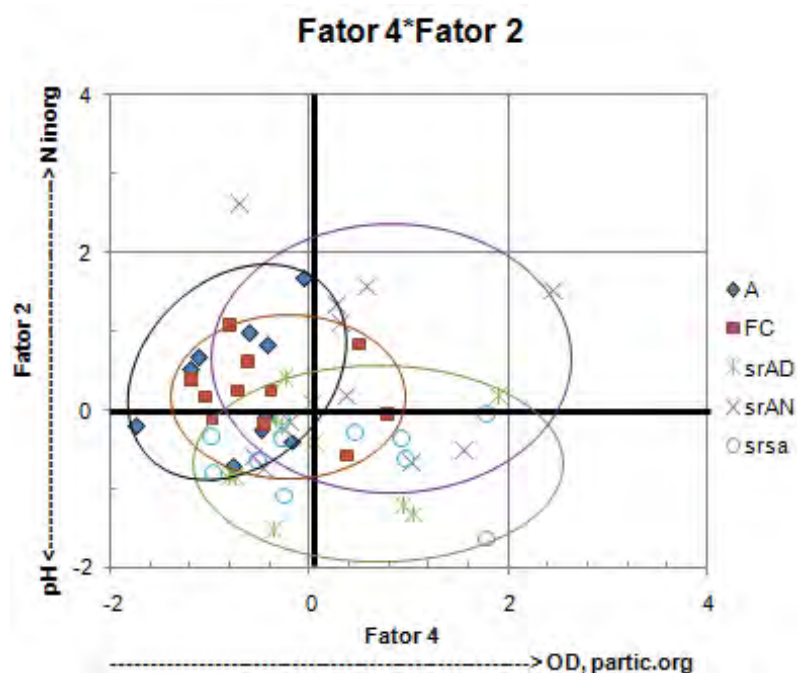


Figura 8. Interação das médias do fator 2*fator 3. A= água de abastecimento; FC=fluxo contínuo de 35% de água; srAD= sem renovação de água e aeração diurna; srAN= sem renovação de água e aeração noturna.

CONCLUSÕES

Após a análise dos fatores ecológicos conclui-se que os processos de decomposição, respiração, bioturbação foram os responsáveis pela explicação do fator 1. A formação de N inorgânico é responsável pela variabilidade dos dados no fator 2. O fator 3 é explicado pela formação de partículas orgânicas vs. alcalinidade e o fator 4 explica a relação entre o oxigênio dissolvido e a formação de partículas orgânicas. Ocorreu diferença significativa mais expressiva em escala temporal que entre os tratamentos empregados, concluindo-se que as variáveis ambientais foram mais influentes neste sistema de cultivo.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à FAPESP pelo suporte financeiro (Processos: 2009/07894-1 e CNPq 474761/2007-0). Ao Dr. Wagner Cotroni Valenti pelo suporte logístico na realização do estudo e José R. Polachini, Janaína M. Kimpara e Fabrício R.T. Rosa pela ajuda no trabalho de campo e laboratório. À Dra. Ana Milstein pelo auxílio nas análises estatísticas.

REFERÊNCIAS

- APHA. American Public Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn: Auburn University, 183p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Boston. 700p.
- BOYD, C. E. 2005. Water use in aquaculture. *World Aquaculture*, 36(3):12-15.
- HARTIGAN, J.A. *Clustering algorithms*. New York: Wiley, 1975. 351p.
- MILSTEIN, A. 1993. Factor and canonical correlation analyses: basic concepts, data requirements and recommended procedures. In: Prein, M., Hulata, G., Pauly, D. (Eds.) *Multivariate Methods in Aquaculture Research: Case Studies of Tilapias in Experimental and Commercial Systems*. ICLARM Studies and Reviews, vol.20, pp.24-31.
- VALENTI, W.C. 2002. Aquicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12º, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. *Anais...* p. 111-118.

Capítulo 4

**Uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*) no
tratamento de efluentes de camarão-da-amazônia
(*Macrobrachium amazonicum*)**

Uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de efluentes de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*)

Resumo. A aquicultura, assim como a maioria das atividades produtivas, acarreta impactos ambientais, especialmente pelos efluentes gerados. Assim, é necessário considerar mecanismos viáveis para minimizar esses impactos, planejando adequadamente a utilização dos recursos naturais e elaborando estratégias eficientes de desenvolvimento sustentável. Avaliou-se neste estudo a eficiência de *wetlands* construídas de aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de efluentes gerados por viveiros de crescimento final e efluentes de despesca de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*). Os sistemas de tratamento foram constituídos de 12 unidades experimentais com as macrófitas aquáticas. Foram dimensionadas *wetlands* para tratar efluentes de despesca de viveiros de camarão-da-amazônia com coletas previstas nos dias 0,1,3,7,14 e 21 dias. Foram analisadas amostras da água de abastecimento dos viveiros, do efluente gerado e dos efluentes tratados. As variáveis limnológicas selecionadas foram: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, fósforo ácido-hidrolisável, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total Kjeldahl. A aplicação da análise de componentes principais (ACP) às médias das variáveis mensuradas nas *wetlands* com tempo de retenção hidráulica de 21 dias, após aplicação da ACP, após 1 dia de tratamento a água apresentou características similares à água de abastecimento dos viveiros e à partir do 3º dia apresentou concentrações inferiores. As macrófitas aquáticas foram eficientes na remoção de nutrientes acrescidos pelo manejo do crescimento final de camarão-da-amazônia.

Palavras-chave: camarão-da-amazônia; efluentes de despesca, eficiência de remoção, *Macrobrachium amazonicum*, análise de componentes principais.

1. INTRODUÇÃO

A renovação da água dos viveiros de aquicultura tem sido usada para aumentar a capacidade de suporte dos viveiros. A água doce é um recurso naturalmente escasso em várias regiões do planeta e, recentemente, vem se tornando limitante também em regiões mais úmidas devido ao mau uso. A adoção de manejos que utilizem a água de forma mais eficiente e conservativa pode reduzir o custo dos produtos da aquicultura, além de poupar água para outros setores. Além disso, a redução no uso de água diminui o volume de efluentes de viveiros e consequentemente do lançamento de poluentes no meio (Boyd *et al.*, 2007).

A carcinicultura proporciona benefícios econômicos e sociais, mas também tem despertado a preocupação quanto aos impactos ambientais relacionados à sua produção (Goldburg e Triplett, 1997). Jackson *et al.* (2003) estimaram que apenas 21 a 22% do nitrogênio e 6% de fósforo fornecidos na dieta são assimilados pelo camarão. O restante, na forma de detritos e excretas, fica retido no sedimento dos viveiros e na biota aquática ou é transportado para fora do viveiro no efluente.

Nas próximas décadas, novas oportunidades deverão surgir com os avanços na investigação e no desenvolvimento de tecnologias em aquicultura e um dos aspectos promissores envolve a utilização de plantas aquáticas como fonte de nutrientes em atividades de piscicultura (El-Sayed, 1999; NACA/FAO, 2000). De fato, alguns trabalhos têm demonstrado a viabilidade de aproveitamento de macrófitas aquáticas na alimentação de peixes, podendo se destacar os realizados por Santiago *et al.* (1988), Essa (1997), Naegel (1997), Henry-Silva *et al.* (2006), Biudes (2007), Biudes *et al.* (2009).

As *wetlands* construídas para tratamento de efluentes são sistemas desenhados e construídos para utilizar processos naturais na remoção de poluentes do efluente (Kivaisi, 2001). Os principais processos biológicos que regulam as remoções de nitrogênio e fósforo do efluente são a absorção direta pela macrófita, mineralização microbológica e transformações como desnitrificação e amonificação (USEPA, 2000).

Os sistemas de tratamento de efluentes por meio de macrófitas aquáticas podem ser viáveis para os aquicultores e ainda minimizam os impactos sobre os

ecossistemas aquáticos. Apesar de diversos trabalhos comprovarem a eficiência das plantas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos (Ennabili *et al.*, 1998; Lin *et al.*, 2005; Greenway, 2005) estudos sobre a utilização desses vegetais no tratamento de efluentes de aquicultura são recentes no Brasil (Sipaúba-Tavares, 2002; Henry-Silva *et al.*, 2006; Biudes, 2007; Henares, 2008; Henry-Silva e Camargo, 2008).

Biudes (2007) avaliou a capacidade de tratamento do efluente de viveiro de manutenção de camarões reprodutores da espécie *Macrobrachium rosenbergii*. O autor concluiu que as concentrações de nitrogênio Kjeldahl total, nitrogênio Kjeldahl dissolvido, nitrogênio inorgânico, fósforo total, fósforo dissolvido, ortofosfato e material particulado em suspensão do efluente tratado em uma *wetland* construída linear povoada com *Eichhornia crassipes* foram iguais ou menores que as concentrações da água de abastecimento do viveiro.

Em viveiros de manutenção de reprodutores de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), seus efluentes foram tratados com as macrófitas aquáticas *E. crassipes* (aguapé) e *P. stratiotes* (alface d'água), que foram eficientes na remoção de nitrogênio, fósforo e turbidez e não diferiram significativamente quanto à remoção de nutrientes, apesar do maior ganho de biomassa de *E. crassipes* (Henry-Silva e Camargo, 2008).

Outro aspecto importante em sistemas de tratamento de efluentes, baseado na utilização de macrófitas aquáticas é o manejo adequado da biomassa vegetal (Biudes, 2007). Quanto à biomassa produzida no sistema de tratamento e retirada por ocasião do manejo, há estudos que indicam a possibilidade de seu uso na aquicultura. Nesse contexto, alternativas de aproveitamento dessa biomassa excedente podem ser implementadas, como na produção de papel e biogás, na alimentação de animais e na fertilização de solos (Joyce, 1990; El-Sayed, 1999). Em piscicultura, as macrófitas aquáticas podem ser aproveitadas como fertilizantes da água, ou mesmo como fonte alternativa de proteína, como foi observado por Santiago *et al.* (1998), que constataram que dieta contendo valores de 42% de macrófita aquática flutuante *Azolla pinnata* proporcionou maiores taxas de crescimento para alevinos de tilápia-do-nilo do que a dieta controle com farinha de peixe.

O aguapé (*E. crassipes*) é uma espécie de macrófita aquática flutuante frequentemente utilizada em *wetlands* construídas para o tratamento de efluentes de aquicultura (Henry-Silva, 2006, 2008; Biudes, 2007; Henares, 2008). Nas *wetlands*, o aguapé absorve nutrientes da água e os incorpora a sua biomassa, reduzindo as concentrações de nutrientes do efluente (Tilley et al., 2002). Segundo Henry-Silva (2005), a produção de biomassa do aguapé em uma *wetland* construída pode chegar a 65,8 t/ha/ano. No entanto, o aproveitamento da biomassa produzida nas *wetlands* é muito reduzido, pois as plantas necessitam ser retiradas periodicamente para otimizar a remoção de nutrientes.

Devido à atual preocupação com o impacto ambiental gerado pelos efluentes, existe uma necessidade de se conhecer a eficiência de métodos alternativos, como exemplo as *wetlands* construídas, que minimizem o impacto gerado pelo manejo sistema de cultivo. Neste trabalho, avaliou-se a eficiência da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* no tratamento de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os efluentes utilizados nas *wetlands* construídas foram provenientes de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*). Os viveiros foram estocados com 40 pós-larvas.m⁻² (0,01g) de camarão-da-amazônia. Foram utilizados três tratamentos e três repetições. Os efluentes de despesca foram provenientes de viveiros: 1) Sem renovação de água e sem aeração suplementar (SRSA), 2) Sem renovação de água e com aeração das 14-16h e 3) Sem renovação de água e com aeração de noite das 23-05h. Foram utilizados seis aeradores B-500 AQUAHOBby, nos viveiros com aeração suplementar.

Os camarões foram alimentados com ração comercial (Polinutri®), com 40% de proteína bruta no primeiro mês e 37% de proteína bruta nos meses seguintes. A dieta foi dividida em duas partes iguais e foi ofertado aos camarões das 7h30-8h30 e das 16-17h. A quantidade de dieta fornecida durante os 90 dias de experimento nos diferentes tratamentos foi 3,65±0,30t.ha⁻¹. A produtividade final de camarões nos tratamentos foi de 1,00±0,97t.ha⁻¹. A taxa média de sobrevivência foi de 65,6±6,1% entre todos os viveiros.

As *wetlands* utilizadas no experimento foram construídas com 9 caixas de fibra (2m de comprimento, 1m de largura e 0,5m de altura) com 1000L de capacidade cada. As macrófitas utilizadas nas *wetlands* foram coletadas no Rio Mogi-Guaçu e climatizadas por 15 dias antes do início do experimento. Cerca de 80% da superfície das *wetlands*, seguindo as recomendações de Wolverton (1979), foi coberta com a macrófita aquática flutuante aguapé (*Eichhornia crassipes*).

Após a despesca dos camarões, foram realizados os seguintes tratamentos:

- 1) tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e com aeração noturna (23 às 05h), com (tempo de retenção hidráulico)TRH 21 dias, com coletas no dia da despesca 0,1, 3, 7, 14 e 21 dias após a despesca;

2) tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e com aeração diurna (14 às 16h), com TRH de 21 dias, com coletas no dia da despesca 0, 1, 3, 7, 14 e 21 dias após a despesca;

3) tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e sem aeração, com TRH de 21 dias, com coletas no dia da despesca 0, 1, 3, 7, 14 e 21 dias após a despesca;

No tratamento de água de despesca dos viveiros sem renovação de água, foram realizadas 6 coletas, entre 8 e 30 de maio de 2008. A água dos últimos 20 cm de altura de cada viveiro foi transferida para as *wetlands*, com o auxílio de uma moto bomba, cada *wetland* recebeu 1000L de água de despesca.

As águas de despesca dos viveiros sem renovação foram tratadas pelas *wetlands* com TRH de 21 dias, sendo feitas coletas no dia da despesca 0, 1, 3, 7, 14 e 21 dias após a despesca. As amostras foram coletadas às 6h e seguiram o padrão de análises descrito abaixo.

As variáveis limnológicas mensuradas foram: temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD) e pH, foram mensurados com o auxílio da sonda multiparâmetro YSI modelos 55 e 63 (Yellow Spring Instruments, Yellow Springs, OH, USA). Para a determinação de material particulado em suspensão (MPS) foi utilizado o método gravimétrico descrito por Boyd e Tucker (1992), fósforo ácido-hidrolisável (PAH) (colorimetria direta, APHA 2005 – 4500PD), nitrito (colorimétrico, APHA 2005 - 4500, NO₂ B), nitrato (redução de Cd, APHA 2005 – 4500 NO₃ E), amônia (fenol colorimétrico, APHA 2005 – 4500 NH₃ F), nitrogênio inorgânico (NI) (soma dos valores de nitrito, nitrato e amônia) e nitrogênio total Kjeldahl (NTK) (semi-micro Kjeldahl, APHA 2005 – 4500 NC).

A análise de componentes principais (ACP) foi aplicada às médias das variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total Kjeldahl da água de abastecimento dos viveiros, efluentes e da água tratada pelas *wetlands* (ANEXOS – Tabelas 12 a 14). Na análise de componentes principais, a variância contida em cada componente principal é expressa pelos autovalores da matriz padronizada. O maior autovalor é associado ao primeiro componente principal,

o segundo maior autovalor ao segundo componente principal, até que o menor autovalor esteja associado ao último componente principal, o que coloca os primeiros como os mais importantes. Sendo assim, os primeiros componentes principais explicam, geralmente, grande parte da variância das variáveis originais. Esta análise permitiu reduzir o espaço de variáveis originais (9 descritores) num conjunto menor (dois descritores), preservando o máximo da variabilidade original dos dados (Bouroche e Saporta, 1982). As análises foram realizadas com o auxílio do software STATISTICA, versão 7.1 (Statsoft, 2005).

3. RESULTADOS

Os valores médios e desvios-padrão das variáveis limnológicas das *wetlands* com TRH de 21 dias são apresentados na Tabela 1. Os valores de temperatura diminuíram ao decorrer das coletas em virtude que as mesmas foram realizadas no mês de maio de 2008, estação de outono. Em relação aos valores de material particulado em suspensão e fósforo ácido hidrolisável observa-se que após 1 dia de tratamento já houve redução acentuada destes parâmetros. O ortofosfato foi rapidamente consumido pelas plantas, já no primeiro dia de tratamento. A eficiência de remoção de nitrogênio inorgânico e nitrogênio total Kjeldahl foi alta à partir do 3º dia de tratamento.

Tabela 1. Média e desvio-padrão das variáveis limnológicas das águas das *wetlands* com TRH de 21 dias de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia.

	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	NI (µg.L ⁻¹)	NTK (µg.L ⁻¹)
Abast.	25,8±2,0	7,4±2,3	7,4±14,7	15,3±26,5	27,3±8,0	17,4±14,7	2,1±2,0	652,9±300,0	665,1±315,0
T1.0	21,8±2,7	8,3±0,5	8,7±0,4	282,8±98,5	39,0±18,4	89,5±65,4	16,2±3,4	369,9±320,0	3733,3±1615,9
T2.0	24,2±0,4	8,0±0,6	8,8±0,2	272,2±136,7	32,2±3,1	100,9±71,6	20,7±5,5	300,4±79,0	4442,7±1948,0
T3.0	21,1±2,0	8,4±0,1	8,4±0,6	300,2±72,3	31,0±4,4	31,2±5,6	58,7±74,7	338,2±167,1	3798,7±1712,4
T1.1	20,9±3,2	5,9±1,5	7,8±0,1	24,7±8,6	41,3±10,1	16,5±14,4	7,3±2,0	265,7±282,7	933,3±196,7
T2.1	20,9±4,1	7,9±3,6	7,9±0,3	34,0±27,8	41,3±3,2	10,9±6,3	10,6±2,5	104,0±48,8	933,3±260,2
T3.1	19,9±3,0	8,3±3,9	7,9±0,7	25,7±16,0	33,3±4,2	12,9±4,2	35,6±40,9	196,4±149,5	1549,3±196,7
T1.3	19,3±0,2	7,0±0,9	7,4±0,6	7,3±3,1	36,6±7,4	3,2±0,5	3,5±1,2	200,6±192,6	588,0±112,0
T2.3	19,4±0,3	6,4±1,5	8,3±0,2	9,3±4,5	38,0±1,0	5,9±0,6	5,7±1,1	88,6±72,6	644,0±28,0
T3.3	19,2±0,2	6,3±0,7	7,1±0,1	7,3±3,1	34,3±4,2	5,6±3,8	8,5±5,2	163,6±96,1	830,7±624,4
T1.7	20,0±0,3	5,7±0,7	7,5±0,8	8,0±1,0	31,0±1,7	2,4±0,4	1,4±0,4	152,4±139,5	672,0±0,0
T2.7	20,1±0,3	4,9±1,3	7,2±0,5	9,3±2,1	36,0±2,0	4,5±1,0	2,1±0,3	106,0±53,9	1344,0±1169,3
T3.7	19,9±0,2	4,5±1,1	7,2±0,3	8,7±2,3	34,7±3,2	3,9±2,6	2,0±0,5	177,4±97,4	578,7±251,0
T1.14	21,1±0,9	5,6±0,4	7,2±0,4	8,0±6,1	33,0±2,6	2,2±0,5	1,8±0,3	134,0±89,9	718,7±126,3
T2.14	21,4±0,6	5,3±0,6	7,0±0,3	4,0±0,0	34,0±1,0	4,7±1,6	2,1±0,3	99,5±58,4	588±218,7
T3.14	20,9±0,5	5,1±1,3	7,2±0,3	4,0±1,0	30,0±1,0	2,8±2,3	1,9±0,3	167,3±66,8	550,7±70,5
T1.21	19,0±0,1	6,4±0,7	7,2±0,5	11,0±1,0	30,7±2,1	2,0±0,3	1,7±0,6	58,5±20,0	634,7±143,7
T2.21	19,1±0,3	5,7±1,7	7,1±0,5	8,3±3,2	31,3±1,5	3,7±0,6	1,2±0,3	79,4±31,3	625,3±90,0
T3.21	18,9±0,1	6,4±0,5	7,2±0,3	8,0±1,0	30,7±1,5	1,9±1,2	2,5±0,2	156,4±88,8	560,0±112,0

Legenda: Abast.=água de abastecimento dos viveiros; T1.0, T2.0, T3.0=amostras de água coletadas no dia 0; T1.1,T2.1,T3.1=amostras de água coletadas no dia 1; T1.3,T2.3, T3.3=amostras de água coletadas no dia 3; T1.7,T2.7, T3.7=amostras de água coletadas no dia 7; T1.14,T2.14,T3.14= amostras de água coletadas no dia 14; T1.21,T2.21,T3.21= amostras de água coletadas no dia 21; OD= oxigênio dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; ALC= alcalinidade; PAH= fósforo ácido-hidrolisável; ORT= ortofosfato; NI= nitrogênio inorgânico; NTK= nitrogênio total Kjeldahl.

A análise dos componentes principais (ACP) resumiu em seus dois primeiros componentes 75,8% da variabilidade da água utilizada nas *wetlands* com TRH de 21 dias. O componente 1 explicou 56,2% da variância total encontrada, enquanto que o componente 2 explicou 19,6%. Os acréscimos de oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato e nitrogênio total Kjeldahl apresentaram correlação negativa com o componente 1 e os acréscimos de alcalinidade apresentaram correlação positiva com o componente 2 (Tabela 2). Os acréscimos das variáveis correlacionadas negativamente com o componente 1 da ACP (oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato e nitrogênio total Kjeldahl) foram maiores nas coletas dos efluentes após o dia 3 (T7,T14 e T21), sendo que as águas coletadas após o terceiro dia apresentaram as mesmas características quando comparadas pela análise de componentes principais (Figura 1).

Tabela 2. Correlação dos acréscimos de T, OD, pH, MPS, ALC, NI, ORT, PAH e NTK na água utilizada nas *wetlands* com TRH de 21 dias, com efluentes da água de despesca de viveiros de *M. amazonicum*, com os componentes 1 e 2 da ACP.

Variáveis	CP1	CP2
T	-0,425	0,630
OD	-0,810	-0,283
pH	-0,911	-0,187
MPS	-0,940	0,044
ALC	-0,176	0,895
PAH	-0,886	0,143
ORT	-0,745	-0,083
NI	-0,521	-0,615
NTK	-0,934	0,199
Varição explicada (%)	56,2	19,6

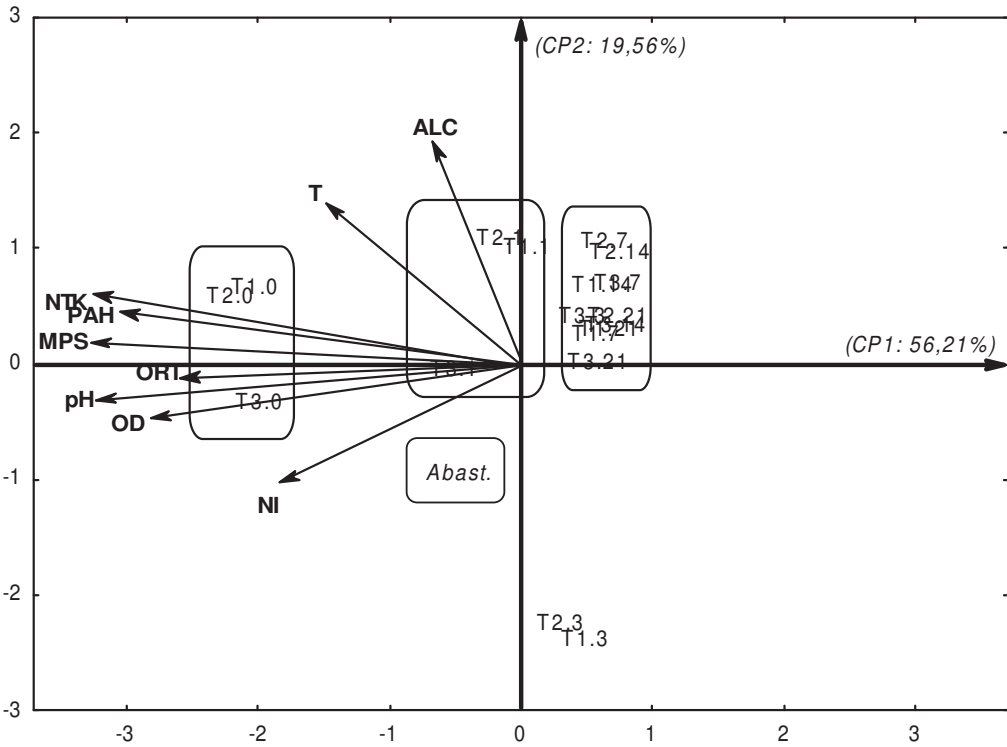


Figura 1. Ordenação pela ACP das coletas nos diferentes tratamentos e da água de abastecimento em função dos acréscimos de T, OD, pH, MPS, ALC, NI, ORT, PAH e NTK na água utilizada nas *wetlands* com TRH de 21 dias, com efluentes da água de despesca de viveiros de *M. amazonicum*. (T1.0, T2.0, T3.0=amostras de água coletadas no dia 0; T1.1,T2.1,T3.1=amostras de água coletadas no dia 1; T1.3,T2.3, T3.3=amostras de água coletadas no dia 3; T1.7,T2.7, T3.7=amostras de água coletadas no dia 7; T7.14;T2.14;T3.14= amostras de água coletadas no dia 14; T7.21;T2.21;T3.21= amostras de água coletadas no dia 21); Abast=água de abastecimento dos viveiros. ; OD= oxigênio dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; ALC= alcalinidade; PAH= fósforo ácido-hidrolisável; ORT= ortofosfato; NI= nitrogênio inorgânico; NTK= nitrogênio total Kjeldahl.

As porcentagens de redução dos valores de material particulado em suspensão, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total nas águas tratadas pelas *wetlands* com TRH de 21 dias são apresentadas na Figura 2, observa-se altas eficiências já a partir do 1º dia de operação das *wetlands* na remoção de nutrientes provenientes dos efluentes de despesca dos viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia.

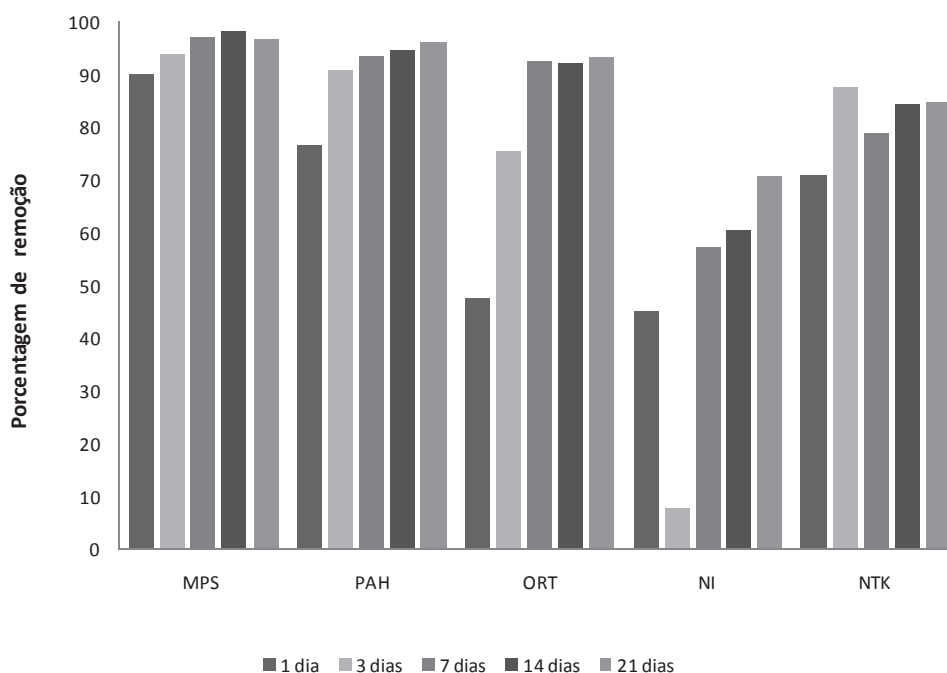


Figura 2. Redução do material particulado em suspensão (MPS), fósforo ácido-hidrolisável (PAH), ortofosfato (ORT), nitrogênio inorgânico (NI), nitrogênio total Kjeldahl (NTK) pelas *wetlands* com TRH de 1,3,7,14 e 21 dias de efluentes de despesca de viveiros de crescimento final de camarão-da-amazônia.

4. DISCUSSÃO

As *wetlands* construídas proporcionaram efluentes com melhores qualidades em relação às águas que foram recebidas. Os maiores valores de temperatura nos efluentes de carcinicultura podem estar relacionados ao aquecimento pelos raios solares incidentes sobre os viveiros e sobre as *wetlands*. A temperatura elevada e o

sombreamento ocasionado pelas macrófitas contribuem para a diminuição de oxigênio dissolvido nas águas tratadas pelas *wetlands*. O sombreamento, que inibe a formação de fitoplâncton e a decomposição da matéria orgânica foram responsáveis pela diminuição dos valores de oxigênio dissolvido (OD). A decomposição aeróbica da matéria orgânica presente na *wetland* provavelmente induziu os valores de OD nos efluentes tratados. Biudes (2007) e Henry-Silva e Camargo (2008) observaram redução nos valores de OD em águas tratadas por *wetlands* construídas com *Eichhornia crassipes* para efluentes de carcinicultura de água doce. Ocorreu aumento nos valores de pH, e uma diminuição nos valores de material particulado em suspensão, ortofosfato, nitrogênio inorgânico e nitrogênio total.

A eficiência destes sistemas de tratamento depende das concentrações de nutrientes nos efluentes e das espécies de macrófitas aquáticas utilizadas. É importante salientar que os processos de remoção de nutrientes nestes sistemas ocorrem não somente pela absorção direta pelas macrófitas aquáticas, mas também por uma combinação de mecanismos físicos, biológicos e químicos, como sedimentação, absorção pelo perifíton e transformação do nitrogênio pelas bactérias (Henry-Silva e Camargo, 2008).

Nas *wetlands* com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 21 dias observou-se uma diminuição da T, OD e pH ao decorrer dos dias de coleta (Tabela 3). O período experimental (maio de 2008, outono) e o sombreamento influenciaram na diminuição da T da água ao longo dos dias experimentais. Os valores de OD diminuíram ao longo das coletas em virtude dos sistemas serem estático e do sombreamento provocado pelas macrófitas, limitando a respiração do fitoplâncton (Henry-Silva e Camargo, 2008).

A *wetland* construída com TRH de 21 dias, para tratar o efluente de despesca dos viveiros de engorda de *M. amazonicum* apresenta capacidade de tratamento, pois possibilitam reduções nas concentrações das formas de nitrogênio total Kjeldahl, fósforo ácido hidrolisável e material particulado em suspensão das águas de despesca dos viveiros sem renovação de água. Os viveiros sem renovação de água apresentam maior vantagem ambiental em relação aos viveiros com fluxo contínuo de água, pois

além de economizaram água com a não renovação é possível o tratamento dos efluentes de despesca com apenas 3 dias de tratamento.

5. CONCLUSÕES

As *wetlands* com TRH de 1,3,5,7,14 e 21 dias apresentou eficiência de tratamento de efluentes de despesca da água de viveiros de crescimento final de camarão da amazônia. Após 1 dia de tratamento a água apresentou características similares à água de abastecimento dos viveiros e à partir do 3º dia apresentou concentrações inferiores.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece à FAPESP pelo suporte financeiro (Processos: 2009/07894-1). Ao Dr. Wagner Cotroni Valenti pelo suporte logístico na realização do estudo e José R. Polachini pela ajuda no trabalho de campo e laboratório.

7. REFERÊNCIAS

APHA. American Public Association. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st edition.

BIUDES, J.F.V. 2007. *Uso de Wetlands Construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura*. Jaboticabal, Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Centro Aquicultura, 2007. 103f.

BIUDES, J.V.F.; PEZZATO, L.E.; CAMARGO, CAMARGO, A.F.M. 2009. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.11, p.2079-2085.

BOUROCHE, J.M.; SAPORTA; G. 1982. *Análise de dados*. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.116 p.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn: Auburn University, 183p.

BOYD, C. E. 2003. Guidelines for Aquaculture effluent management at farm-levels. *Aquaculture*. 226, 101-112.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. 2007. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science*, 15: 327-360.

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, v. 179, p. 149-168, 1999.

ENNABILI, A., ATER, M.; RADOUX, M. 1998. Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquat. Bot.* 62:45-56.

ESSA, M.A. 1997. Utilisation of some aquatic plants in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings. *Egypt Journal Aquatic Biology Fish*, v.1, n.2, p.19-34.

GOLDBURG, R.; TRIPLETT, T. 1997. Murky waters: *Environmental effects of aquaculture in the United States*. Environmental Defence Fund, Washington, 198p.

GREENWAY, M. 2005. The role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Austrália. *Ecol. Eng.*, v. 25, p. 501-509.

HENARES, M.N.P. 2008. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes no tratamento de efluentes de carcinicultura. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura. 81f.

HENRY-SILVA, G.G. 2005. *Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas, interações ecológicas e valor nutritivo da biomassa vegetal para tilápia do Nilo*. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. Tese (Doutorado em Aquicultura).132p.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, L.E. 2006. Digestibilidade aparente de macrófitas aquáticas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e qualidade da água em relação às concentrações de nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 3, p. 642-647.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. 2008. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 37, n. 2, p. 181-188.

KIVAISI, A.K. 2001. The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecol. Eng.*, v. 16, p. 545-560.

JACKSON, C.J.; PRESTON, N.; BURFORD, M.A.; THOMPSON, P.J. 2003. Managing the development of sustainable shrimp farming in Australia: the role of sedimentation ponds in treatment of farm discharge water. *Aquaculture*. 226, 23-34.

JOYCE, J.C. 1990. Practical uses of aquatic weeds. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. *Aquatic weeds and management of nuisance aquatic vegetation*. New York: Oxford University Press. p. 274-291.

LIN, Y.F.; JING, S.R.; LEE, D.Y.; CHANG, Y.F.; CHEN, Y.M.; SHIH, K.C. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environ. Pollut.*, v. 134, p. 411-421.

NACA/FAO.2000. *Desenvolvimento da aquacultura para além de 2000: a declaração de Banguécoque e estratégia*. Conferência sobre aquacultura no terceiro milênio. Roma: 22 p.

NAEGEL, L.C.A. 1997. *Azolla* meal as a supplemental feed ingredient for tilapias. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 4., 1997, Orlando. *Proceedings...* Orlando: WAS. p.20-30.

REDDING, T.; MIDLEN, A. 1997. The treatment of aquaculture wastewater – A botanical approach. *J. Environ. Manage.*, 50: 283-299.

SANTIAGO, C. B. et al. Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing *Azolla* meal. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 2, 1998, Philippines. *Proceedings...* Philippines: p. 377-382. 1998.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FÁVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M.S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floatin plant. *Brazilian Journal of Biology*, v.62, n.3, p.1-11, 2002

STATSOFT, INC., 2005. *STATISTICA (data analysis software system), version 7.1.* www.statsoft.com

TILLEY, D.R.; BADRINARAYANAN, H.; ROSATI, R. et al. 2002. Constructed wetland as recirculation filters in large-scale shrimp aquaculture. *Aquac. Eng.*, v.26, p.81-109.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. *Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010, Cincinnati, 166p.

WOLVERTON, B.C.; MACDONALD, R.C., 1979. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) productivity and harvesting studies. *Econ. Bot.*, 33: 1-10.

Capítulo 5

**Implicações de boas práticas de manejo
mensurados pela Análise do Ciclo de Vida (ACV)
em cultivos de duas espécies tropicais de camarão
de água doce**

Implicações de boas práticas de manejo mensurados pela Análise do Ciclo de Vida (ACV) em cultivos de duas espécies tropicais de camarão de água doce

RESUMO

Há uma crescente atenção aos impactos ambientais relacionados à aquicultura e a interação com os recursos naturais. Neste contexto é importante que novos sistemas de produção tenham práticas que respeitem o meio ambiente. A escolha de novas espécies à partir da riqueza biológica do país é particularmente necessária. Foram comparados dois sistemas de produção usando-se a metodologia da Análise do ciclo de vida (ACV). A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é um método padronizado formulado para avaliar impactos potenciais associados com um produto, pela quantificação e avaliação dos recursos consumidos e emissões para o ambiente em todos os estágios do seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até o descarte de resíduos. Para cada impacto ambiental considerado na ACV, um modelo de caracterização é usado para converter os dados do inventário em resultados de impacto potencial. Esta metodologia fornece indicadores de escalas de impacto regional e global. As categorias de impacto analisadas neste trabalho foram: aquecimento global ou efeito estufa, eutrofização, acidificação, uso de energia, uso de produção primária, uso de superfície e dependência de água. O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho ambiental de dois sistemas tropicais de cultivo de camarões de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (espécie exótica) e *Macrobrachium amazonicum* (espécie nativa). O estudo mostrou que fator de conversão alimentar das espécies e o processamento da ração é a categoria que mais influencia os resultados da análise do ciclo de vida. A melhor taxa de conversão alimentar do camarão-da-malásia proporcionou melhores resultados nas categorias de impacto avaliadas. Quando as boas práticas de manejo são adotadas, e realizada a comparação com outras análises do ciclo de vida realizadas em carcinicultura a produção do camarão da malásia apresenta melhor eficiência ambiental em relação aos parâmetros de aquecimento global, acidificação, uso de superfície e uso de produção primária, e o mesmo uso de recuso de energia que o camarão-da-amazônia. As boas práticas de manejo em carcinicultura, como o tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas e o reuso total do sedimento em outras culturas possibilitou uma diminuição significativa em eutrofização, sendo extremamente importante a recomendação destas práticas no cultivo das espécies selecionadas

Palavras-chave: *Macrobrachium rosenbergii*, *Macrobrachium amazonicum*, carcinicultura de água doce, *constructed wetlands*, sustentabilidade ambiental.

INTRODUÇÃO

A pesca e a aquicultura supriram o mercado de pescados com aproximadamente 117,8 milhões de toneladas de peixes para consumo em 2009, correspondendo a 17,2 kg *per capita* (equivalente em peso vivo), o que está entre os maiores valores já observados (FAO, 2010). Deste total, a aquicultura foi responsável por 47% (FAO, 2010). Esta contribuição foi verificada pela primeira vez em 40 anos, o que reflete tanto a vitalidade do setor aquícola quanto o crescimento econômico global e o desenvolvimento contínuo no processamento e comercialização de pescados (FAO, 2010). A aquicultura continua sendo o setor da produção animal que mais cresce, a uma taxa anual maior que o da população (6,6%), com aumento de 0,7% em 1970 para 7,8% em 2008 (FAO, 2010). Durante esse período, a região com maior crescimento aquícola foi a América Latina, correspondendo a 21,1% do total (FAO, 2010).

A produção mundial de camarões de água doce ultrapassou 400.000 toneladas nessa década (FAO, 2009), movimentando mais de US\$ 1 bilhão. Isto se deve principalmente ao grande desenvolvimento da tecnologia e a estabilidade dos sistemas de produção (Valenti e Tidwell, 2006). Considerando os problemas enfrentados pelos criadores brasileiros de camarões marinhos nos últimos anos, o que levou a uma queda drástica na produção, a carcinicultura de água doce pode ser uma alternativa para a produção de crustáceos em empreendimentos mais estáveis e mais sustentáveis.

Em 2006, no Brasil, a produção da espécie exótica *M. rosenbergii* alcançou 370 toneladas (FAO, 2008). Embora não existam artigos publicados sobre o impacto negativo nos ecossistemas que essa espécie possa causar, existe grande pressão da sociedade e do governo para o uso das espécies nativas na aquicultura (Moraes-Valenti e Valenti, 2007). Em vários países é crescente o interesse no cultivo de espécies nativas, como o *Macrobrachium malcolmsonii* na Índia, *Macrobrachium carpinus* na América Central e *Macrobrachium amazonicum* na América do Sul (Kutty *et al.*, 2000).

Ultimamente, com as crescentes preocupações com o ambiente e com a sustentabilidade, métodos para avaliar a sustentabilidade dos cultivos têm sido crescentemente aplicados em várias atividades, inclusive na produção animal. Os métodos utilizados para medir a sustentabilidade na aquicultura são: análise do ciclo de vida, análise emergética, pegada ecológica, conjunto de indicadores e resiliência (Valenti e Kimpara, 2010; Valenti *et al.*, 2011; Zajdband, 2010; Kimpara, 2011).

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é um método padronizado, que compõe a ISO (*International Organization for Standardization*) 14040 (ISO, 1997) e a ISO 14042 (ISO, 2000) (Mungkgung, 2005), formulado para avaliar impactos potenciais associados com um produto, pela quantificação e avaliação dos recursos consumidos e emissões para o ambiente em todos os estágios do seu ciclo de vida (inventário do ciclo de vida), desde a extração da matéria-prima até o descarte de resíduos (Guinée *et al.*, 2002 *apud* Papatryphon *et al.*, 2004). Cada substância produzida ou consumida é ordenada em diferentes indicadores de categoria de impacto, relativo a seu potencial efeito ambiental baseado em dados científicos. Para cada impacto ambiental considerado um modelo de caracterização é usado para converter os dados do inventário em resultados de impacto potencial (Aubin *et al.*, 2006). Por esta razão, também é considerada uma ferramenta potencial para avaliar sistematicamente e comparar os impactos ambientais associados com produtos alimentícios bem como identificar as opções para melhoria na eficiência ecológica. Espera-se da aplicação da ACV uma nova perspectiva que conduza a um desenvolvimento sustentável de sistemas de produção de alimentos (Mungkung e Gheewala, 2007) e outros produtos, dar base para decisões aos consumidores (Jungbluth *et al.*, 2000) e um critério de rotulagem ambiental para informar os consumidores dos possíveis impactos ambientais dos produtos (Mungkung, 2005).

Diversos autores já aplicaram a ACV em aquicultura, entre eles é possível citar; Srituhla (2001) o qual aplicou a ACV em uma fazenda de camarões na Tailândia. Os impactos avaliados foram: mudanças climáticas, depleção de ozônio, potencial de acidificação e eutrofização, metais pesados, formação de smog fotoquímico, uso de energia e resíduos sólidos. Papatryphon *et al.* (2002) compararam quatro tipos de dietas na produção de trutas na França: dieta ecologicamente otimizada, dieta barata (com menos farinha de peixe e óleo), dieta comum (comercial) e uma nova dieta em

que todos os ingredientes são derivados de vegetais. O mesmo autor comparou diferentes práticas de produção em oito propriedades de cultivo de trutas (*Oncorhynchus mykiss*) no ano subsequente na França (Papatryphon *et al.*, 2004). Mungkung (2005) estudou a produção de camarões (*Penaeus monodon*) congelados na Tailândia. Aubin *et al.* (2006) estudaram um sistema de recirculação de rodovalho (*Scophthalmus maximus*) na França. Ellingsen e Aanondsen (2006) compararam os impactos ambientais da captura de bacalhau (*Gadus mohua*) e o cultivo de salmão com a produção avícola na Noruega. Pelletier e Tyedmers (2007) analisaram a produção de ingredientes para quatro dietas hipotéticas para a produção orgânica e convencional de salmão no Canadá. Ayer e Tyedmers (2009) compararam os impactos de diferentes sistemas de cultivo de salmonídeos (salmão do Atlântico - *Salmo salar*/ salvelino Ártico - *Salvelinus alpinus*) no Canadá. Aubin *et al.* (2009), estudaram a produção de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) em raceways na França, perca (*Perca fluviatilis*) em gaiolas na Grécia e de rodovalho (*Scophthalmus maximus*) em sistemas de recirculação na França.

O único trabalho realizado no Brasil foi o de Casaca (2008), o autor aplicou a ACV à policultivos de peixes aliado à produção vegetal e por tratar-se de um estudo inédito não pode ser comparado com outros sistemas praticados pela aquicultura brasileira. A conclusão deste estudo foi que o tratamento com maior densidade de estocagem (6.000 peixes/ha) apresentou os maiores impactos nas categorias avaliadas, com exceção da mão-de-obra, dependência de água e uso de área. Os alevinos foi o fator que mais contribuiu nas categorias de impacto e a aplicação da ACV no sistema peixe-verde contribuiu para analisar os principais impactos ambientais.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o impacto ambiental do cultivo de camarões de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* e *Macrobrachium amazonicum*) fazendo uso da Análise do Ciclo de Vida. Os impactos ambientais foram avaliados uma metodologia que fornece indicadores de escalas de impacto regional e global.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foi utilizada a metodologia da Análise do ciclo de vida (ACV), baseadas nas linhas de orientação da ISO 14041, com simplificações. Na coleta e execução dos cálculos foi utilizada uma planilha desenvolvida no programa Excel: planilhas do inventário para a análise do ciclo de vida. As coletas dos dados foram baseados nos resultados da presente Tese e de dados já publicados, como dissertações (Pavanelli, 2010; David, 2011), Teses (Moraes-Riudades, 2005) e artigos. As características das fazendas simuladas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características das larviculturas das fazendas experimentais simuladas.

Resultados do inventário por ano das larviculturas	Camarão-da-amazônia (<i>M. amazonicum</i>)	Camarão-da-malásia (<i>M. rosenbergii</i>)
Entradas		
Total energia (MJ)	281.271,6	182.245,7
Água do mar (m ³)	32,2	22,0
Água doce (m ³)	346	128,7
Densidade de estocagem nos viveiros de reprodutores (ind.m ⁻²)	20	7
Taxa de fertilidade	1.000	10.000
Produção de pós-larvas por semana	200.000	50.000
<i>Entradas via alimentação</i>		
Proteína (kg)	239,9	116,21
Nitrogênio (kg)	38,4	18,59
Fósforo (kg)	7,9	3,24
<i>Componentes de infraestrutura</i>		
Área construída das larviculturas (m ²)	384,1	256,6
Área de viveiros de reprodutores (m ²)	1250	200
Profundidade média (m)	1	1

Tabela 2. Características das fazendas simuladas de camarão-da-amazônia e de camarão-da-malásia.

Resultados do inventário por ano	Camarão-da-amazônia		Camarão-da-malásia	
	Fazenda tradicional	BPM ¹	Fazenda tradicional	BPM ¹
Entradas				
Total de energia (MJ)	3.408,1	2.136,3	4.030,2	4.030,2
Água doce (m ³)	1.412.976	1.412.976	2.801.658	2.801.658
Densidade de estocagem (ind.m ⁻²)	40	40	10	10
Pós-larvas por viveiros (ind)	10.560.000	10.560.000	2.640.000	2.640.000
<i>Entradas via alimentação</i>				
Proteína (kg)	28.690,2	28.690,2	34.270,7	34.270,7
Nitrogênio (kg)	4.590,4	4.590,4	5.582,7	5.582,7
Fósforo (kg)	1.024,6	1.024,6	1.223,9	1.223,9
<i>Componentes de infraestrutura</i>				
Área de viveiros (m ²)	12.000	12.000	12.000	12.000
Profundidade média (m)	1	1	1	1
Sistema de tratamento de efluentes (m ²)	--	5.000	--	14.400
Saídas				
<i>Emissões de nutrientes</i>				
Nitrogênio sólido (kg) ^a	5.078,9	--	3.187,8	--
Nitrogênio dissolvido (kg) ^a	1.196,1	137,9	1.976,1	1.045
Fósforo sólido (kg) ^a	774,2	--	774,2	--
Fósforo dissolvido (kg) ^a	89,0	14,6	243,2	50,42
Gás nitrogênio (kg)	1.343	1.343	1.343	1.343
<i>Desempenho zootécnico</i>				
Taxa de conversão alimentar (%)	3,0	3,0	1,8	1,8
Produtividade final por ano (ton)	32,46	32,46	45,50	45,50

BPM¹= boas práticas de manejo = reutilização total do sedimento (hora trator e diesel considerados) e *constructed wetlands* para o tratamento de efluentes. ^a=cálculo realizado pelo balanço de nutrientes baseados nas quantidades de N e P contidos nas rações e no peso dos camarões.

As distâncias entre as cidades de produção de matérias primas e equipamentos foram calculadas através do programa Google Maps (Google, 2011). Para os cálculos de interpretação dos resultados foi utilizado o programa SimaPro®2 (Goedkoop e Oele, 2004).

A metodologia de avaliação de impactos foi realizada de acordo com CML 2001 (*Center of Environment Science of Leiden University*) (Goedkoop *et al.*, 2008). As categorias de impacto analisadas neste trabalho foram: aquecimento global ou efeito estufa, eutrofização, acidificação, uso de energia, uso de superfície, uso de produção primária e dependência de água.

O aquecimento global ou efeito estufa é o incremento da temperatura na atmosfera. Este efeito é normalmente quantificado usando o potencial de aquecimento global, por substâncias que têm o mesmo efeito como o CO₂. O aquecimento global foi calculado para um horizonte de 100 anos (GWP₁₀₀) por Houghton *et al.*, 1996, expresso em kg CO₂ eq (equivalente) (Casaca, 2008).

A eutrofização ou enriquecimento por nutrientes de ecossistemas aquáticos ou terrestres pode ser causado por nitrogênio, fósforo ou matéria orgânica degradada. Todos os potenciais nutrientes que possuem alto nível de impacto ambiental podem ser calculados, em especial nitrogênio e fósforo. Potencial de eutrofização (EP) pode ser calculado e expresso como equivalente a N-total, P-total ou NO_3 . Neste trabalho foi calculado usando fatores de acordo com Guinée *et al.*, 2002, expresso em kg PO_4 eq (Casaca, 2008)

Acidificação refere-se aos efeitos negativos causado por substâncias acidificantes no solo, águas subterrâneas, águas superficiais, organismos biológicos, ecossistemas, edifícios. Acidificação é causada pelas relações de prótons em ecossistemas aquáticos e terrestres. Potencial de acidificação (AP) pode ser estimado como equivalente a SO_2 ou moles de hidrogênio (H^+). Foi calculado pela média dos fatores europeus com potencial de acidificação de acordo com Huijbregts (1999) (Casaca, 2008).

A energia refere-se à depleção de fontes de energia renováveis e não renováveis. A energia é calculada e transformada em MJ (megajoules), valor calórico bruto. O uso de produção primária, outra categoria de impacto, refere-se ao uso de fontes primárias de recursos bióticos. Os recursos primários podem ser obtidos por meio sustentável e não sustentável. O uso de recursos de produção primária foi calculado de acordo com Papatryphon *et al.*, 2004 pelo valor de kg de C (Casaca, 2008).

A dependência de água foi analisada em função da quantidade de água utilizada para produzir certa biomassa de larvas e camarões adultos até a despesca. Os valores são expressos em metros cúbicos (m^3). O uso de superfície foi analisada pela ocupação de área superficial pelos viveiros, área construída, área para fabricação das dietas (rações) e estes valores são expressos em metros quadrados por ano ($\text{m}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$).

A unidade funcional utilizada no presente estudo foi de 1t de camarão fresco, sendo vendido para o mercado consumidor situado em Belém-PA (60 km de distância das fazendas simuladas).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dependência da energia elétrica nos sistemas de produção de pós-larvas de camarão de água doce é alta, tendo como consequência direta os fatores de impacto relacionados ao impacto da produção de pós-larvas de camarão de água doce. A energia elétrica no Brasil em sua maioria é advinda de fontes de matrizes hidroelétricas, sendo que este tipo de energia é considerada limpa, porém para a construção das barragens temos vários impactos ambientais associados, exemplificados nos resultados encontrados entre acidificação, aquecimento global e uso de energia (Figura 1).

Para a produção de pós-larvas de camarão-da-amazônia a relação de área de viveiros de reprodutores é maior quando comparado ao camarão-da-malásia, sendo este importante na obtenção dos resultados das variáveis de impacto analisadas. Para eutrofização, uso de superfície, uso de produção primária e dependência de água os viveiros de reprodutores de camarão-da-amazônia tiveram grande influência nesta categoria de impacto quando comparado aos viveiros de reprodutores de camarão-da-malásia.

Considerando as larviculturas neste estudo, a eletricidade foi responsável por 33,9 e 38,6% respectivamente nas larvicultura de camarão-da-malásia (CM) e camarão-da-amazônia (CA) considerando o potencial de acidificação (AP). Quando consideramos o potencial de eutrofização (EP) os viveiros de reprodutores de camarão-da-amazônia foram responsáveis por 72,2% seguido pela eletricidade com 12,7% de participação. Os viveiros de reprodutores de camarão-da-malásia foram responsáveis por 31,4%, seguidos pela alimentação fornecida às larvas com 29,0% de contribuição para o potencial de eutrofização (EP). Considerando-se a categoria de mudanças climáticas (GWP) o consumo de energia elétrica foi responsável por 67,1 e 73,8% respectivamente para camarão-da-malásia e camarão-da-amazônia. A alimentação das larvas foi responsável por 10,6% para CM e os viveiros de reprodutores de CA foram responsáveis por 8,2% das mudanças climáticas provocado pelas larviculturas (Figura 1).

Em relação à área superficial (SU) a alimentação das larvas de CM respondeu por 37,3%, seguido pela produção das pós-larvas com 28,1%. Para o camarão-da-amazônia, os viveiros de reprodutores responderam por 40,0% e a produção respondeu por 31,7% de uso de área superficial. Comparando-se a energia verificamos que 74,7 e 78,6% respectivamente foi proveniente da energia elétrica consumida pelas larviculturas de CM e CA. Para o uso de produção primária (NPPU) a alimentação das larvas de CM respondeu por 90,3% de total alocação de recursos, enquanto que para CA a alimentação foi responsável por 53,5% e o estoque de reprodutores por 46,6% para esta categoria de impacto. A dependência de água para CM e CA foi alocada pelos viveiros de reprodutores, sendo respectivamente de 97,9 e 99,4% (Figura 1).

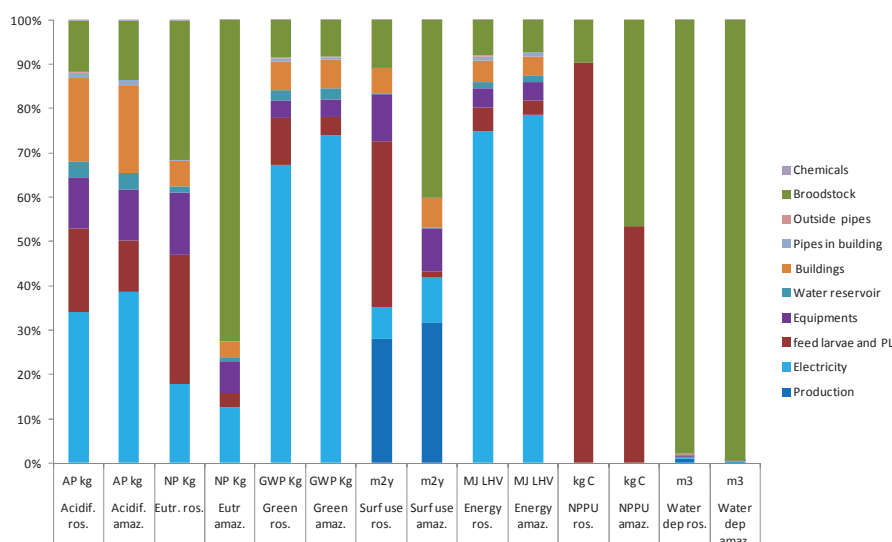


Figura 1. Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto das larviculturas de camarão-da-malásia e camarão-da-amazônia. AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (*constructed wetlands* e reuso de sedimento em outras culturas); amaz. = camarão-da-amazônia; ros. = camarão-da-malásia

Considerando as fazendas de produção de cultivo tradicional de CA e fazendas que adotam as boas práticas de manejo (BMP) (reuso de sedimento em outras culturas e tratamento de efluentes) para potencial de acidificação (AP) verifica-se que em fazendas tradicionais e BMP a participação da ração foi respectivamente de 73,3 e 70,0%, enquanto que a participação de equipamentos foi de 12,3 e 11,8% nas duas fazendas analisadas como potenciais participantes na categoria de acidificação. Para a

categoria de eutrofização (EP) observa-se que em fazendas de cultivo tradicional de CA a produção respondendo por 92,1%, seguido pela ração com 6,5% de influência nos resultados. É notável que ao utilizarmos as BPM estes resultados de potencial de eutrofização decaem drasticamente como observados na Figura 2. O potencial de mudanças climáticas (GWP) teve participação de 61,1 e 58,7% da ração respectivamente em fazenda tradicional e BPM de camarão-da-amazônia, seguidos de 16,7% de participação da larvicultura neste potencial de impacto em fazenda tradicional de camarão-da-amazônia (Figura 2).

Para uso de superfície (SU) houve participação de 60,4% dos viveiros de cultivo tradicional de camarão-da-amazônia e de 34,3% da ração. O uso de produção primária (NPPU) foi de 99,0% de participação da ração em ambas as fazendas de camarão-da-amazônia. A dependência de água foi de 93,0% para a produção de camarão-da-amazônia, enquanto que a larvicultura de ambas teve a participação de 6,8%. No uso de energia, quem mais contribuiu foi a ração em ambos os casos, sendo que 50,9 e 48,6% foram respectivamente de fazendas de cultivo tradicional e BPM de camarão-da-amazônia (Figura 2).

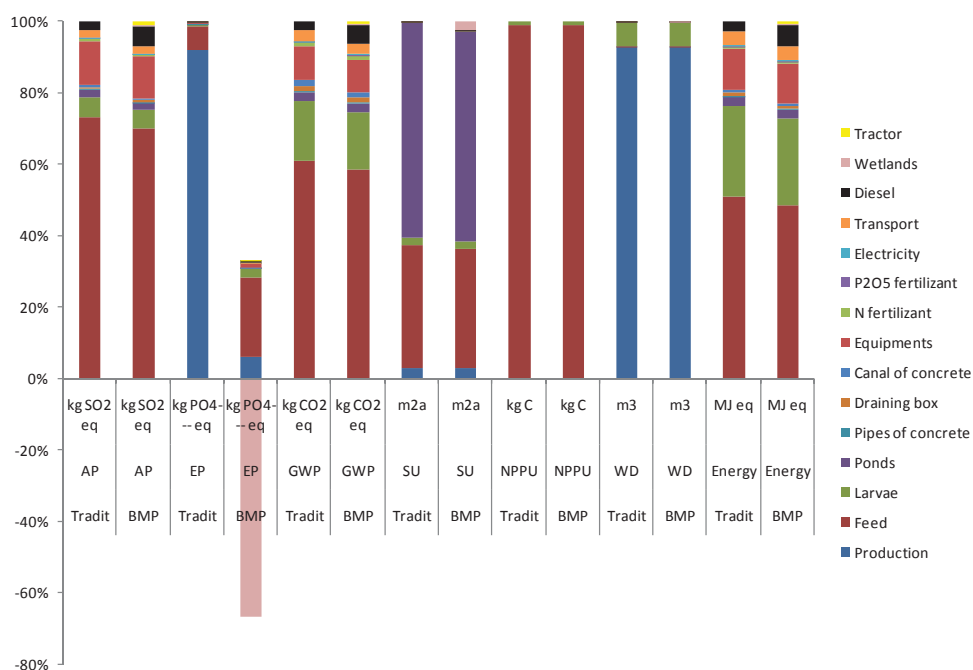


Figura 2. Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto para a fazenda tradicional (Tradit) e boas práticas de manejo (BMP) em fazendas de camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*). AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (*constructed wetlands* e reuso de sedimento em outras culturas).

Quando comparamos fazendas de cultivo tradicional de camarão-da-malásia e fazendas que adotam as boas práticas de manejo (BPM=reuso de sedimento em outras culturas e tratamento de efluentes) para potencial de acidificação (AP) verifica-se que em fazendas tradicionais e BPM a participação da ração foi respectivamente de 70,1 e 66,4%, enquanto que a participação dos equipamentos foi de 14,1 e 13,4% nas duas fazendas analisadas como potenciais participantes na categoria de acidificação. Para a categoria de eutrofização (EP) observa-se que em fazendas de cultivo tradicional de camarão-da-malásia a produção respondendo por 93,5%, seguido pela ração com 5,5% de influência nos resultados. É notável que ao utilizarmos as BPM estes resultados de eutrofização decaem drasticamente como observados na Figura 2. O potencial de mudanças climáticas (GWP) teve participação de 58,9 e 56,1% da ração respectivamente em fazenda tradicional e BPM de camarão-da-malásia, seguidos de 13,6% de participação da larvicultura neste potencial de impacto em fazenda tradicional de camarão-da-malásia (Figura 2).

Para uso de superfície (SU), houve participação de 64,0% dos viveiros de cultivo tradicional de camarão-da-malásia (CM) e de 30,6% da ração. O uso de produção primária (NPPU) foi de 96,9% de participação da ração em ambas as fazendas de CM. A dependência de água foi de 99,3% para a produção de CM, enquanto que a larvicultura de ambas teve a participação de 3,1%. No uso de energia, quem mais contribuiu foi a ração em ambos os casos, sendo que 49,8 e 47,1% foram respectivamente de fazendas de cultivo tradicional e BPM de camarão-da-amazônia e a larvicultura respondeu respectivamente por 20,1 e 19,0% em demanda de energia(Figura 2).

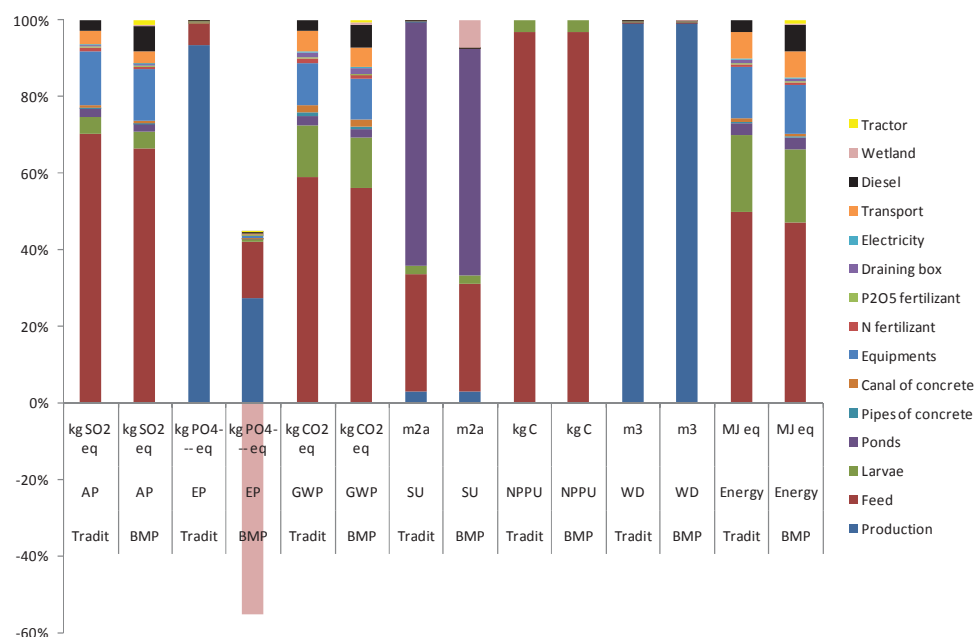
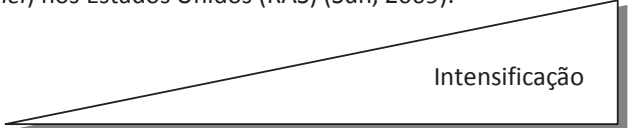


Figura 3. Contribuição das análises (%) no processo de diferentes categorias de impacto para a fazenda tradicional (Tradit) e boas práticas de manejo (BMP) em fazendas de camarão-da-malásia (*M. rosenbergii*). AP= acidificação; EP=eutrofização; GWP= mudanças climáticas; SU=uso de superfície; NPPU=uso de produção primária; WD= dependência de água; Energy=uso de energia; Tradit= fazendas tradicionais; BMP= boas práticas de manejo (constructed wetlands e reuso de sedimento em outras culturas).

O potencial de impacto do camarão-da-malásia para eutrofização é o dobro quando comparado ao sistema de produção de camarão marinho na China, porém quando se adotam as BPM este potencial de eutrofização é reduzido e apresenta um índice que é de -4,9 kg PO₄-eq. Em uso de energia a fazenda tradicional de camarão-da-amazônia apresentou índices 3 vezes superiores ao camarão produzido nos Estados Unidos e uso de produção primária três vezes menor que o camarão produzido na China (Cao *et al.*, 2011). Para potencial de mudanças climáticas e acidificação o camarão-da-malásia apresentou o melhor índice em comparação às demais produções de camarão. O camarão-da-amazônia apresentou elevado índice de dependência de água em relação às demais espécies comparadas (Tabela 3). A dependência de uso da água para as espécies de camarão de água doce (camarão-da-amazônia e camarão-da-malásia) é superior quando comparado às espécies de *Penaeus monodon* (TS) e *Litopenaeus vannamei* (RAS), o camarão-da-amazônia demanda 6 vezes mais água na produção que o camarão produzido na Tailândia (Tabela 3).

Tabela 3. Potencial de impactos por tonelada de camarão de água doce em sistema semi-intensivo de produção no Brasil (camarão-da-amazônia -CA e camarão-da-malásia -CM), camarão-tigre (TS) na Tailândia (*Penaeus monodon* – Mungkung, 2005), cultivo intensivo de camarão cinza (CH) (*Litopenaeus vannamei*) na China (Cao *et al.*, 2011) e cultivo super-intensivo de camarão-cinza (*Litopenaeus vannamei*) nos Estados Unidos (RAS) (Sun, 2009).



Categorias de impacto	Unidade	Sistemas de produção (produtividade t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)				
		CA (2,8) (Trad/BPM ¹)	CM (4,0) (Trad/BPM ¹)	TS (0,5-5)	CH (24)	RAS (296,3)
Eutrofização	Kg PO ₄ – eq.	176,4 /-17,3	124,2/-4,9	NA	63	1,5
Mudanças climáticas	Kg CO ₂ – eq.	4577,2/4763,3	2847,6/2985,8	5100	5280	5907
Acidificação	Kg SO ₂ – eq.	25,2/26,4	15,8/16,7	NA	43,9	50,6
Uso de energia	GJ	60,4/63,2	61,9/61,9	45,6	61,5	15,5
Uso de superfície	m ² .ano ⁻¹	6121,4/6275,9	4121,0/4437,8	3566	NA	NA
Produtividade primária	tC	20,8/20,8	12,8/12,8	NA	60,7	NA
Dependência de água	m ³	46792,4/46793,2	37020,6/39034,3	6800	NA	2100

¹ trad= fazendas tradicionais e BPM= boas práticas de manejo (constructed wetlands e reutilização do sedimento em outras culturas) ; NA= não avaliado ;

Quando adotadas as boas práticas de manejo os índices de eutrofização para o camarão-da-amazônia e camarão-da-malásia são satisfatórios em comparação aos camarões produzidos. O potencial de eutrofização para cultivo tradicional de camarão-da-malásia apresentou índices menores que o camarão-da-amazônia e quando adotadas as medidas de boas práticas de manejo estes índices totais apresentaram valores negativos. O funcionamento dos sistemas de tratamento de efluentes foi eficaz na redução do potencial de eutrofização (Figura 4).

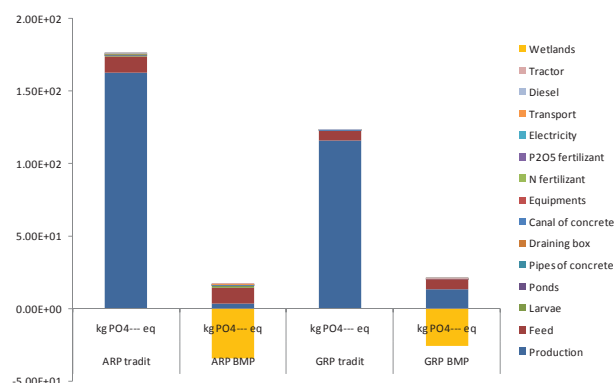


Figura 4. Potencial de eutrofização (EP) por tonelada de *M. amazonicum* e *M. rosenbergii*. ARP tradit= camarão-da-amazônia em cultivo tradicional; ARP BMP= camarão-da-amazônia em fazendas onde são adotadas de boas práticas de manejo; GRP tradit= camarão-da-malásia em cultivo tradicional; GRP BMP= camarão-da-malásia em fazendas onde são adotadas as boas práticas de manejo

As categorias de impacto para o camarão-da-malásia na representação radial das sete categorias de impacto avaliadas foram menores em seis categorias em relação ao camarão-da-amazônia, e similar ao uso de energia ao *M. amazonicum*. Quando as boas práticas de manejo são adotadas fica claro que o potencial de eutrofização é reduzido para as duas espécies avaliadas (Figura 5).

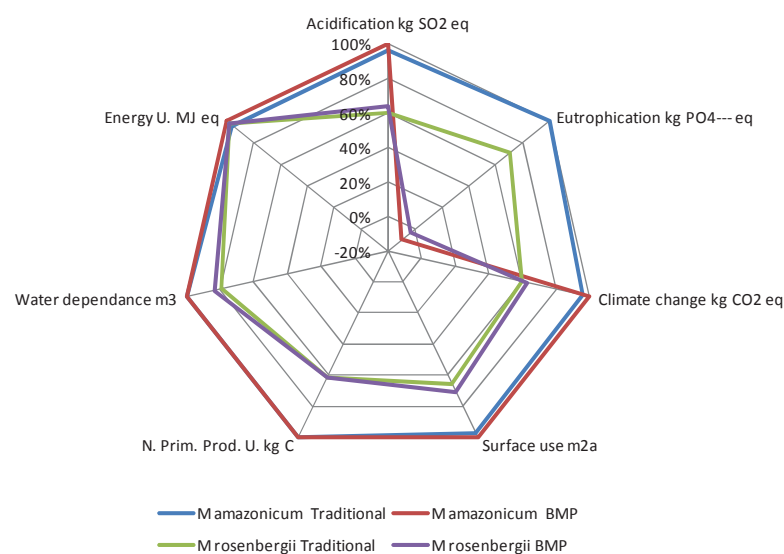


Figura 5. Gráfico radial comparativo de impacto, para sete categorias, para quatro fazendas de cultivo de camarão de água doce. Pontos próximos ao centro do gráfico indicam baixo impacto ambiental.

O fator de conversão alimentar do camarão-da-amazônia que é $FCA=3,0$ foi o maior responsável pelos resultados nas categorias de impacto avaliadas. O camarão-da-malásia apresenta $FCA=1,8$ sendo que apresentou menores valores nas categorias de impacto como aquecimento global, uso de superfície, uso de produção primária, dependência de água e acidificação (Figura 5). Através deste estudo constata-se que é de extrema necessidade que sejam realizados estudos na área de nutrição. Uma ração específica para o camarão-da-amazônia terá como consequência menores valores de FCA, tendo como implicação direta menores valores nas categorias de impacto avaliadas. O uso de substratos artificiais ou de uma espécie de peixe filtradora em sistema multitrófico e multiespacial poderá melhorar o desempenho global nas categorias avaliadas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As seguintes conclusões podem ser realizadas pelo presente estudo:

- De acordo com esta análise (ACV), o camarão-da-malásia apresentou melhor eficiência de aproveitamento de recursos em comparação ao camarão-da-amazônia em relação às categorias avaliadas (eutrofização, acidificação, aquecimento global, uso de energia, uso de produção primária e uso de superfície), e o mesmo aproveitamento de uso de energia que a espécie nativa;
- O presente estudo comprovou que a cadeia produtiva da ração é a categoria que mais influencia as categorias de impacto da análise do ciclo de vida. É notável que a melhor taxa de conversão alimentar do camarão-da-malásia proporcionou melhores resultados nas categorias de impacto. É de extrema urgência que seja otimizada uma melhor formulação na dieta para o camarão-da-amazônia, já que o mesmo apresenta baixo aproveitamento da dieta e altas taxas de nutrientes que não são utilizados tem implicação direta nas categorias de impacto avaliadas;
- Quando as boas práticas de manejo são adotadas, a produção de camarão da malásia apresenta melhor eficiência ambiental em relação aos parâmetros de aquecimento global, acidificação, uso de superfície e uso de produção primária;
- As boas práticas de manejo em carcinicultura de água doce, como o tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas e o reuso total do sedimento em outras culturas possibilitou uma diminuição significativa no potencial de eutrofização, sendo extremamente importante a recomendação destas práticas no cultivo das espécies avaliadas;

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à FAPESP pelo suporte financeiro (Processo: 2009/07894-1). Ao Prof. Jöel Aubin do INRA-UMR SAS, Rennes-France pelo suporte logístico na realização do estudo e à Eng. Agron. Julie Aubergen pela ajuda na análise dos dados.

REFERÊNCIAS

- AUBIN J.; PAPATRYPHON, E.; VAN DER WERF, H.M.G.; PETIT, J.; MORVAN, Y. 2006. Characterization of the environmental impact of a turbot (*Scophthalmus maximus*) recirculating production system using Life Cycle Assessment. *Aquaculture*, 261(4): 1259–1268.
- AUBIN, J.; E.; PAPATRYPHON, E.; VAN DER WERF, H.M.G.; CHATZIFOTIS, S. 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 17: 354–361.
- AYER, N.W.; TYEDMERS, P.H. 2009. Assessing alternative aquaculture technologies: life cycle assessment of salmonid culture systems in Canada. *Journal of Cleaner Production*, 17: 362–373.
- CASACA, J.M. 2008. *Policultivos de peixes integrados à produção vegetal: Avaliação econômica e sócio-ambiental (peixe-verde)*. Tese (Doutorado em Aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP. Jaboticabal. 162f.
- CAO, L. DIANA, J.S.; KEOLEIAN, G.A.; LAI, Q. 2011. Life cycle assessment of Chinese shrimp farming systems targeted to export and domestic sales. *Environmental Science and Technology*. n.45.p. 6531-6538.
- DAVID, F.S. 2011. Efeito da intensificação na larvicultura do camarão-da-malásia *Macrobrachium rosenbergii*. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). CAUNESP, Jaboticabal. 114f.
- ELLINGSEN, H.; AANONSEN, S.A. 2006. Environmental impacts of wild caught cod and farmed salmon — a comparison with chicken. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1 (1), 60–65.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2010. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome: FAO.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2009. *Yearbook of fishery statistics: summary tables*. FAO, Roma (<http://www.fao.org>, acessado em 27 de junho de 2009).
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2008. *Building an ecosystem approach to aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings, 14. Roma, FAO. 221p.

- GOEDKOOOP, M; OELE, M. 2004. *Introduction into LCA with SimaPro*. Pré Consultants, p.71.
- GOEDKOOOP, M. et al. 2008. *SimaPro Database Manual: Methods library*. Pré Consultants, p.45.
- GUINÉE, J.B. et al. 2002. Handbook on life cycle assessment. An operational guide to the ISO standards. Dordrecht, The Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- HOUGHTON, J.T. et al. 1996. Climate change 1995 : The science of climate change. Cambridge, United Kingdom : Cambridge University Press.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDISATION). 1997. International Standard 14040. *Environment management – Life cycle assessment – Principles and framework*. Geneva: International Organisation for Standardisation.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDISATION). 2000. International Standard 14042. *Environment management – Life cycle assessment – Principles and framework*. Geneva: International Organisation for Standardisation.
- JUNGBLUTH, N.; TIETJE, O.; SCHOLZ, R.W. 2000. Food purchasers: Impacts from the consumers' point of view investigated with a modular LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 5: 134-142.
- KIMPARA, J.M. 2011. Sustentabilidade, manejo da água e da aeração no cultivo semi-intensivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* em água hipereutrófica. Tese (Doutorado em Aquicultura), CAUNESP, Jaboticabal. 191f.
- KUTTY, M.N.; HERMAN, F.; LE MENN, H. 2000. Culture of other prawn species. In: New, M.B. & VALENTI, W.C. (Ed.) *Freshwater prawn culture: The farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, Blackwell Science. p. 393-410.
- MORAES-VALENTI, P. M. C. & VALENTI, W. C. 2007. Effect of Intensification on grow-out of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, **38**(4):516-526.
- MORAES-RIODEADES, P.M. 2005. Cultivo do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862) (CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE) em diferentes densidades: fatores ambientais, biologia populacional e sustentabilidade econômica. Tese (Doutorado em Aquicultura). CAUNESP, Jaboticabal. 117f.
- MUNGKUNG R.T. 2005. *Shrimp aquaculture in Thailand: application of life cycle assessment to support sustainable development*. PhD Thesis. Center for Environmental Strategy, School of Engineering, University of Surrey, Surrey, UK.
- MUNGKUNG, R.; GHEEWALA, S. 2007. Use of life cycle assessment (LCA) to compare the environmental impacts of aquaculture and agri-food products. In D.M. Bartley, C. Brugère, D. Soto, P. Gerber and B. Harvey (eds). *Comparative assessment of the environmental costs of aquaculture and other food production sectors: methods for meaningful comparisons*. FAO/WFT Expert Workshop. 24-28 April 2006, Vancouver, Canada. FAO Fisheries Proceedings. No. 10. Rome, FAO. p. 87–96.
- PAPATRYPHON, E.; PERIT, J.; KAUSHIK, S.J.; VAN DER WERF, H.M.G. 2002. An evaluation of the environmental impacts of aquaculture feeds using Life Cycle Assessment (LCA). In: *Proceedings from the International Conference Seafarming Today and Tomorrow, Aquaculture Europe 2002*, 32 pp. 425-426.
- PAPATRYPHON, E.; PETIT, J.; KAUSHIK, S.J.; VAN DER WERF, H.M.G. 2004. Environmental impact assessment.

- PAVANELLI, C.A.M. 2010. Viabilidade técnica e econômica da larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em diferentes temperaturas. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). CAUNESP. Jaboticabal. 107f.
- PELLETIER, N.; TYEDMERS, P. 2007. Feeding farmed salmon: is organic better? *Aquaculture*. 272: 399–416.
- SRITUHLA, P. 2001. Environmental Life Cycle Assessment of Shrimp Production in Thailand: A case study in Ranong province. Master's Thesis. School of Environmental, Resources and Development, Asian Institute of Technology.
- SUN, W. 2009. Life cycle assessment of indoor recirculating shrimp aquaculture system. Master (Natural Resource and Environment). University of Michigan. 52p.
- VALENTI, W. C.; TIDWELL, J. H. 2006. Economics and management of freshwater prawn culture in Western Hemisphere. In: LEUNG, P. S. & ENGLE, C. (Ed.) *Shrimp Culture: Economics, Market, and Trade*. Oxford, Blackwell Science. p. 263-278.
- VALENTI, W. C. & KIMPARA, J. M. 2010. Measure aquaculture sustainability. *Global Aquaculture Advocate*, 12 (in press).
- VALENTI, W.C.; KIMPARA, J.M.; PRETO, B.L. 2011. Measuring aquaculture sustainability. *World Aquaculture Society Magazine*, 43(3).
- ZAJDABAND, A.D.; KIMPARA, J.M.; VALENTI, W.C. 2010. Como medir a sustentabilidade da aquicultura? In: Anais do 1º Congresso Sul de Produção Animal Sustentável. 12 - 14 maio, Chapecó.

Anexos

Tabela 1. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 19 de fevereiro de 2008.

19/02/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (mg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	28,5	6,6	8,07	12,8	4,1	67,4	34,3	3,6	43,3	64,9	86,6	658
FC	V7	28,2	4,8	9,44	23,5	10,3	230,7	116,6	48,0	123,5	185,2	244,0	623
	V12	29,4	9,7	8,25	22,9	42,0	150,7	164,4	307,8	14,0	21,0	28,1	1064
	V18	29,5	8,6	9,07	23,6	26,8	188,0	54,1	25,7	55,0	82,5	110,0	587
SRSA	V8	29,4	8,5	8,33	126,4	16,4	116,2	44,0	3,0	56,6	84,9	113,2	458
	V13	29,7	12,9	9,15	36,3	45,5	141,3	27,0	35,7	12,2	18,3	24,4	658
	V16	29,3	12,5	8,98	46,4	16,4	32,5	34,7	22,3	31,5	47,2	62,9	924
SRAD	V9	29,6	8,1	7,95	48,5	22,8	187,0	36,6	2,4	31,5	70,8	94,4	672
	V14	29,5	9,9	9,24	100,5	4,5	563,9	16,3	20,7	8,0	12,0	15,9	980
	V17	29,7	9,2	9,21	114,7	21,1	197,4	58,6	20,8	64,2	96,3	128,4	568
SRAN	V10	29,6	7,4	7,91	74,4	29,8	25,6	135,4	4,3	177,6	266,4	355,2	782
	V11	28,5	7,9	7,96	53,0	35,9	57,7	110,1	6,8	142,3	213,5	28,1	425
	V15	29,1	10,4	9,08	65,1	10,7	-	105,4	57,7	102,1	153,2	204,2	392
EF	E7	28,1	4,2	8,5	29,8	5,0	-	66,6	3,9	86,2	129,3	172,3	589
	E12	28,5	6,2	7,2	24,6	39,1	155,6	1,1	2,2	16,2	31,2	125,6	624
	E18	28,6	6,8	6,3	16,8	30,2	-	1,7	3,4	22,1	92,8	65,8	782

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC = tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 2. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 26 de fevereiro de 2008.

26/02/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	27,7	7,2	8,9	7,3	28	148,5	28,0	2,1	12,9	273,0	139,6	616
FC	V7	29,8	6,2	8,0	1,4	33	9,9	19,6	6,5	28,2	181,0	248,1	425
	V12	29,4	11,5	9,4	4,6	27	164,4	9,6	2,3	13,3	91,7	8,0	868
	V18	28,9	11,5	9,4	-	30	123,1	34,3	3,9	9,1	25,2	27,2	258
SRSA	V8	31,3	15,6	9,1	-	32	190,6	7,3	1,7	14,8	144,9	11,8	268
	V13	29,0	14,6	9,8	9,0	27	134,0	18,8	4,3	3,3	0,0	16,1	364
	V16	30,7	12,7	10,1	0,0	29	421,1	18,4	4,1	8,7	1,4	131,8	252
SRAD	V9	29,8	10,9	9,2	25,5	30	235,5	8,8	2,0	11,6	136,4	31,6	336
	V14	29,5	9,6	9,9	-	27	653,6	10,5	5,6	2,6	4,9	-	532
	V17	29,4	10,4	9,4	0,0	28	390,6	15,4	4,0	8,0	10,8	7,0	448
SRAN	V10	31,0	10,5	9,1	1,8	31	126,8	13,3	3,1	19,1	171,8	125,7	672
	V11	30,8	10,2	9,1	20,3	32	44,2	18,8	3,8	17,4	130,4	199,9	644
	V15	30,0	6,8	8,6	53,8	30	51,3	0,2	5,4	14,9	105,9	1184,0	756
EF	E7	29,3	5,5	8,0	-	31	-	31,3	7,0	34,1	157,6	908,6	547
	E12	29,6	6,2	7,9	14,1	27	804,8	15,0	2,4	11,5	188,0	26,5	644
	E18	29,7	6,5	8,0	-	30	131,5	15,8	4,1	12,4	131,4	50,2	588

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 3. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 04 de março de 2008.

04/03/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	26,3	6,2	8,1	5,1	28	45,6	17,8	0,0	10,5	78,5	60,6	256
	V7	26,7	3,0	9,1	13,7	32	8,2	165,6	1,2	22,0	60,8	306,7	658
FC	V12	26,6	5,2	8,3	50,4	29	2,8	39,0	3,7	11,5	191,5	29,9	627
	V18	26,3	4,0	8,3	17,4	28	-	17,7	12,3	13,6	143,3	63,4	-
	V8	26,9	6,2	8,2	5,6	32	22,7	135,4	1,3	5,7	35,4	90,3	327
SRSA	V13	26,8	5,1	8,2	20,0	30	35,5	18,7	3,2	4,6	72,2	72,1	434
	V16	26,0	5,0	8,2	451,1	27	26,3	32,5	7,6	5,4	38,8	57,5	356
	V9	26,9	3,6	8,2	23,3	32	8,5	53,6	0,2	10,4	74,7	108,3	412
SRAD	V14	27,3	4,7	8,5	36,6	30	33,6	19,6	6,2	1,1	35,8	35,6	622
	V17	26,4	3,8	8,3	90,3	28	40,3	20,5	9,7	2,0	43,5	31,7	672
	V10	25,9	4,9	8,0	-	35	-	54,3	15,9	24,4	137,0	487,4	784
SRAN	V11	26,3	5,2	8,7	54,8	30	21,0	35,5	5,5	6,5	55,3	59,9	560
	V15	26,1	5,2	8,4	35,6	23	17,4	30,1	5,5	12,5	85,2	186,2	476
	E7	26,8	2,3	8,4	-	33	8,5	40,9	2,0	22,9	107,7	272,3	644
EF	E12	26,7	3,9	8,3	11,1	30	-	28,3	21,9	13,0	154,3	128,8	588
	E18	25,5	3,4	8,3	10,5	37	-	17,0	13,0	11,3	98,1	84,5	812

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 4. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 11 de março de 2008.

11/03/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	28,4	6,9	8,6	2,9	28	46,6	5,3	4,8	7,5	546,8	164,6	308
	V7	29,5	7,0	8,6	95,1	34	54,9	6,6	5,2	18,0	324,6	395,9	560
FC	V12	29,3	9,8	9,0	9,5	31	664,2	9,4	4,2	11,4	187,2	181,7	420
	V18	29,1	8,0	9,2	-	30	220,4	6,5	3,6	11,6	188,4	228,4	476
	V8	29,8	9,8	8,5	53,2	36	849,4	15,5	4,3	7,7	92,4	206,7	448
SRSA	V13	28,9	9,2	8,9	26,0	33	641,9	10,1	6,5	0,9	-	160,9	532
	V16	28,9	8,6	9,1	74,6	31	940,7	18,7	4,2	13,4	180,5	223,6	392
	V9	29,8	8,6	9,0	24,7	34	1058,1	13,8	2,5	3,7	33,3	134,4	-
SRAD	V14	29,9	7,9	9,2	36,0	24	926,4	14,2	5,3	1,6	-	150,6	644
	V17	29,3	10,5	9,9	62,6	30	1015,4	16,5	6,9	0,3	-	132,3	784
	V10	29,3	10,1	9,2	15,4	37	995,7	12,3	2,8	17,2	83,6	392,0	252
SRAN	V11	29,3	12,0	9,2	20,0	35	738,3	10,8	6,8	8,7	23,7	159,6	896
	V15	29,1	11,2	9,2	37,5	31	1522,8	9,7	5,7	8,8	228,5	189,5	728
	E7	28,8	2,9	8,4	-	35	523,7	8,2	2,3	25,5	416,4	371,5	924
EF	E12	29,6	6,2	9,0	6,9	30	1058,4	8,9	5,8	22,0	348,8	311,4	728
	E18	29,6	2,8	9,0	19,8	31	735,6	7,8	4,7	12,3	185,3	286,3	784

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 5. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 18 de março de 2008.

18/03/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	23,4	6,36	7,98	21,6	33	15,6	0,0	5,9	12,7	210,2	79,5	224
	V7	23,3	3,97	9,38	43,0	35	132,6	6,5	4,9	29,1	192,3	321,8	420
FC	V12	23,1	4,31	7,98	17,4	33	-	13,8	7,3	12,8	102,1	83,7	196
	V18	22,7	4,08	7,96	150,3	31	-	7,6	1,65	13,7	243,2	33,8	336
	V8	22,9	4,28	8,46	29,3	33	45,8	9,4	3,75	12,9	102,4	130,2	420
SRSA	V13	22,9	7,11	7,94	61,5	32	338,2	7,5	1,8	0,0	83,2	21,5	392
	V16	22,4	2,83	8,32	42,5	32	-	7,5	3,25	11,9	42,3	66,2	588
	V9	23	5,05	7,8	59,7	36	236,2	5,3	5,95	7,6	63,1	57,6	448
SRAD	V14	23	5,25	8,37	35,0	7	407,7	7,5	2,4	-	31,3	10,5	812
	V17	22,4	4,7	8,11	87,2	29	-	9,4	1,5	-	43,2	-	700
	V10	22,6	5,46	7,87	72,5	32	140,6	7,2	6,15	23,1	93,8	183,3	392
SRAN	V11	22,5	6,11	7,7	86,5	36	266,1	6,5	5,15	11,3	42,1	18,8	644
	V15	22,2	5,73	8,4	69,7	42	253,7	7,5	0,85	7,3	242,3	-	812
	E7	23,5	2,19	8,64	0,4	35	-	23,8	4,05	37,2	421,7	223,8	196
EF	E12	23,6	2,26	8,06	0,9	31	129,7	1,4	2,1	14,8	212,3	162,6	168
	E18	22,9	3,37	8,02	2,7	31	213,1	4,1	19,4	14,5	312,3	53,1	280

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 6. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (E), viveiros e efluentes coletados no dia 25 de março de 2008.

25/03/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	26,6	3,5	8,0	0,8	31	7,1	3,0	0,5	7,4	702,3	211,0	840
	V7	26,8	4,6	7,9	70,2	28	-	10,6	1,5	14,8	218,2	91,2	532
FC	V12	26,9	5,2	8,1	-	27	-	20,2	3,9	14,5	154,6	77,0	672
	V18	26,6	3,9	8,3	5,1	28	84,6	6,9	37,3	13,1	542,2	55,9	812
	V8	26,9	2,2	9,3	172,0	32	28,2	22,8	1,7	23,0	139,9	240,8	784
SRSA	V13	26,4	5,3	9,1	39,1	31	54,5	13,2	4,2	0,0	45,1	7,7	448
	V16	25,5	2,0	9,4	46,5	30	62,7	16,1	1,6	3,8	31,7	8,7	616
	V9	27,1	3,0	9,5	30,0	29	910,8	16,1	1,3	10,9	106,5	45,5	812
SRAD	V14	27,2	3,0	9,4	61,0	27	-	30,8	3,7	0,0	26,6	9,0	868
	V17	26,5	3,0	9,6	87,9	33	32,8	13,8	0,6	1,1	50,1	0,0	980
	V10	26,4	4,6	8,6	70,8	31	32,0	20,7	1,1	14,4	360,7	9,7	812
SRAN	V11	25,9	5,2	8,4	56,6	30	9,6	9,9	5,2	0,0	18,7	74,5	308
	V15	26,0	4,8	9,1	10,2	27	40,6	8,8	1,1	8,5	277,0	98,5	1008
	E7	26,1	6,6	8,0	1,3	33	32,0	7,1	1,1	41,6	482,1	275,8	672
EF	E12	26,8	4,1	8,1	-	31	-	15,9	6,3	14,4	130,0	-	980
	E18	26,5	0,9	8,4	4,7	27	33,6	7,5	3,6	11,9	533,2	117,4	616

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 7. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 01 de abril de 2008.

01/04/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
EN	Entr	25,3	11,3	7,5	1,4	27	158,9	26,8	0,6	7,4	754,6	86,3	504
	V7	25,8	7,2	7,8	148,1	26	240,3	9,9	0,7	14,8	502,2	92,3	1008
FC	V12	27,7	8,7	7,7	49,8	25	190,6	7,4	1,2	14,5	466,5	85,7	1232
	V18	25,3	6,2	7,5	6,3	28	125,0	6,6	1,5	13,1	459,3	72,5	1260
	V8	25,7	8,7	8,0	16,0	30	246,7	19,7	1,1	23,0	525,3	132,5	840
SRSA	V13	25,3	5,4	7,7	-	29	402,5	16,8	1,0	0,0	19,3	32,3	364
	V16	25,7	6,9	7,7	3,1	26	586,7	14,5	1,4	3,8	12,6	14,4	1904
	V9	25,7	5,0	7,7	-	27	169,5	12,8	0,8	10,9	402,0	85,7	1456
SRAD	V14	25,7	4,2	7,8	57,0	24	710,2	39,7	1,2	0,0	10,4	12,3	4340
	V17	24,9	6,1	7,8	63,2	23	480,6	9,7	1,7	6,1	269,7	212,3	1316
	V10	25,0	8,8	7,7	227,7	25	205,1	19,6	1,2	14,4	422,1	25,9	1792
SRAN	V11	25,3	8,8	7,8	56,6	25	287,5	22,0	0,6	0,0	145,9	133,4	1848
	V15	24,7	9,0	7,7	69,5	26	321,8	13,7	1,2	8,5	349,8	142,5	1484
	E7	26,0	3,5	7,6	2,4	20	81,1	7,3	3,5	41,6	468,6	132,5	980
EF	E12	25,8	5,7	7,6	7,3	28	152,8	6,7	0,5	14,4	439,5	158,4	1008
	E18	25,3	5,3	7,5	1,0	26	119,5	6,3	0,8	11,9	717,4	138,9	952

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 8. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 08 de abril de 2008.

8/4/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
E	Entr	24,9	7,66	7,67	8,6	28	102,5	33,5	1,1	8,5	754,6	51,4	644
	V7	25,5	4,68	8,52	7,2	31	153,8	16,7	1	16,2	502,2	94,8	756
FC	V12	25,4	4,48	7,9	7,8	25	174,4	11,5	1,5	17,8	466,5	123,3	5208
	V18	25,1	3,93	7,66	18,3	25	248,1	12,3	1,3	16,4	459,3	100,6	1316
	V8	25,3	4,6	8,21	134,0	29	-	51,5	2,1	12,5	525,3	99,1	196
SRSA	V13	25,2	3,85	7,89	41,5	31	576,7	28,9	1,7	4,5	19,3	36,8	258
	V16	24,8	2,27	7,83	34,0	26	464,6	31,3	1,5	4,0	12,6	29,7	2772
	V9	25,4	3,45	8,14	353,8	26	351,7	26,8	1,4	10,5	402,0	103,7	1764
SRAD	V14	25,5	4,57	8,55	121,5	25	689,9	30,9	1,3	1,8	10,4	13,1	4788
	V17	25,2	1,79	7,78	23,1	27	182,3	20,0	2,3	25,8	269,7	322,3	1596
	V10	24,6	5,69	8,13	48,7	32	145,2	46,7	4,3	36,7	422,1	246,7	2184
SRAN	V11	24,9	4,98	8,05	67,0	35	159,5	34,0	4,2	19,6	145,9	626,2	1932
	V15	24,8	6,27	8,18	74,9	27	230,0	20,9	2,1	18,8	349,8	211,6	2828
	E7	25,4	3,71	8,24	16,6	32	-	11,7	1,2	20,8	468,6	112,0	1120
EF	E12	25,5	3,86	7,87	6,9	30	129,9	10,8	1,3	18,1	439,5	109,9	1148
	E18	25,1	3,26	7,61	60,5	27	294,1	12,9	1,3	16,2	717,4	125,3	140

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 9. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 15 de abril de 2008.

15/4/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
E	Entr	25,3	8,0	7,7	12,8	27	110,8	11,6	1,6	10,1	727,0	210,1	924
FC	V7	25,5	3,4	8,5	23,5	29	125,1	13,1	2,7	22,5	528,1	166,9	840
	V12	25,1	5,2	7,9	22,9	27	216,4	5,5	3,7	16,4	512,7	103,5	980
	V18	24,9	3,2	7,7	23,6	26	101,5	6,9	3,3	22,4	543,3	173,3	672
	V8	25,1	2,4	8,1	126,4	30	544,7	16,1	2,5	4,9	24,1	157,4	-
SRSA	V13	25,0	1,7	7,8	36,3	27	470,0	12,3	1,1	1,8	40,7	25,5	560
	V16	24,1	2,8	7,6	46,4	33	484,6	13,1	2,5	3,2	3,8	37,0	2968
SRAD	V9	25,0	2,9	8,1	48,5	30	358,8	10,4	1,4	4,7	105,5	153,4	2184
	V14	25,3	6,2	7,9	132,4	20	945,2	28,3	10,6	0,4	1,3	16,3	2128
	V17	24,9	4,1	7,7	114,7	27	95,1	11,0	3,4	28,0	458,0	174,5	1708
SRAN	V10	24,4	7,5	8,0	74,4	30	267,2	17,5	5,3	43,1	361,8	443,6	1624
	V11	24,7	6,4	8,0	53,0	30	64,3	21,9	3,4	45,0	302,0	623,3	1652
	V15	24,5	7,4	7,9	65,1	25	265,9	14,7	2,3	13,2	355,0	151,4	1120
EF	E7	25,5	2,7	8,3	29,8	29	78,8	5,9	3,7	25,8	553,6	214,6	1036
	E12	25,1	4,9	8,0	24,6	26	117,9	5,8	1,7	23,2	491,3	178,5	924
	E18	24,9	2,8	7,7	16,8	28	90,4	5,8	2,1	17,8	573,2	140,1	980

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes

Tabela 10. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (EN), viveiros e efluentes coletados no dia 22 de abril de 2008.

22/4/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
E	Entr	23,0	10,5	7,7	94,2	28	94,2	4,1	0,0	16,7	674,7	125,6	1204
	V7	22,8	6,7	8,2	142,7	27	107,7	6,9	1,0	22,6	536,0	107,5	1232
FC	V12	22,6	7,5	7,8	51,5	21	199,5	15,3	0,1	21,4	589,6	110,1	896
	V18	22,3	5,7	7,8	36,6	26	121,8	7,2	0,1	19,4	519,2	135,9	784
	V8	22,2	6,8	8,1	226,7	21	449,1	17,3	0,1	10,8	154,4	101,1	2156
SRSA	V13	22,4	7,1	7,9	69,7	25	575,3	13,9	0,0	4,5	48,7	34,4	2465
	V16	21,6	6,2	7,9	105,5	26	759,5	22,3	0,0	1,6	15,5	18,8	4060
	V9	22,2	6,6	8,0	63,3	20	317,7	11,3	0,1	10,2	120,8	75,6	2296
SRAD	V14	22,4	7,3	7,9	94,2	25	-	25,2	0,1	0,4	10,3	9,6	-
	V17	22,2	6,0	7,8	92,2	26	155,6	18,0	0,7	41,1	334,2	245,8	1456
	V10	21,5	10,3	8,0	74,3	27	397,3	19,5	0,7	42,7	246,5	138,1	1960
SRAN	V11	22,0	9,7	7,8	68,5	24	-	17,1	1,8	103,3	689,6	572,5	1484
	V15	21,7	10,7	7,9	76,5	28	429,3	18,1	0,3	9,7	392,0	49,7	2016
	E7	22,8	5,9	8,1	43,9	22	-	4,2	0,0	24,4	522,6	125,0	658
EF	E12	22,6	6,6	7,8	47,8	25	148,9	10,6	0,0	21,7	644,6	108,9	756
	E18	22,4	5,0	7,8	57,2	26	-	7,7	0,1	21,7	572,6	143,1	1624

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC = tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN = tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF = efluentes.

Tabela 11. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, clorofila-a, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia e nitrogênio total, de amostras de água de abastecimento (E), viveiros e efluentes coletados no dia 29 de abril de 2008.

29/4/2008		T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	CLO-a (µg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)
E	Entr	23,3	10,7	7,6	15,0	34	105,3	41,3	3,9	57,0	595,9	122,0	963
FC	V7	23,6	8,4	8,1	17,5	31	96,1	13,6	2,6	31,9	301,5	152,4	1428
	V12	23,6	10,5	7,7	58,8	30	64,3	6,7	2,1	36,8	550,3	102,5	1120
	V18	23,1	9,7	7,8	280,1	-	-	8,8	1,9	30,6	456,2	180,2	868
SRSA	V8	23,1	9,8	8,1	58,8	29	476,8	22,0	2,8	17,3	108,0	165,8	3500
	V13	23,7	11,4	8,2	43,0	40	342,8	18,4	3,4	5,0	7,9	45,3	3780
	V16	22,7	11,4	8,3	415,4	95	406,9	97,4	6,8	3,5	-	122,5	2016
SRAD	V9	23,4	8,2	8,1	83,6	30	314,5	15,5	5,7	13,7	121,5	80,5	1792
	V14	23,4	10,6	9,0	126,7	30	1188,7	23,2	7,4	2,7	5,2	12,3	5292
	V17	23,2	9,3	7,8	99,6	35	84,6	22,8	2,4	34,8	271,6	232,8	6300
SRAN	V10	21,8	10,8	8,1	485,9	30	573,5	25,3	4,8	8,6	14,6	240,5	3920
	V11	23,0	10,8	8,1	141,7	55	152,2	16,6	6,7	72,5	696,5	550,6	1700
	V15	22,4	11,6	8,3	84,3	28	17,8	12,2	3,4	20,8	504,8	78,2	1372
EF	E7	23,6	5,1	7,8	11,1	45	75,1	14,9	2,4	66,3	434,9	210,4	1624
	E12	23,7	10,4	8,0	15,1	40	61,5	5,9	1,4	40,4	607,6	125,6	672
	E18	23,1	10,6	9,7	28,1	29	4,3	50,8	1,9	31,1	475,8	146,8	4704

(-) = amostra perdida, E = água de abastecimento; FC= tratamento fluxo contínuo de água; SRSA = tratamento sem renovação de água e sem aeração; SRAD= tratamento sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); SRAN= tratamento sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); EF= efluentes.

Tabela 12. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total, massa fresca do aguapé e águas de saída dos sistemas de tratamento de efluentes da água de despesca entre os dias 08 e 09 de maio de 2008 (coletas nos tempos 0 e 1 dia).

Data	Amostra	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)	MF aguapé (kg)
TO 8/mai	TED 8	21,9	8,6	8,8	229,5	26	42,5	17,9	31,0	43,1	201,5	2044	2,00
	TED 13	24,4	7,7	8,9	396,5	31	61,8	12,3	12,1	63,2	32,3	5264	1,95
	TED 16	19,0	8,4	8,3	222,5	60	164,1	18,4	31,2	512,5	182,7	3892	1,92
	TED 9	24,6	8,7	9,0	115,0	29	53,6	14,9	15,6	72,1	131,6	2548	1,64
	TED 14	24,0	7,6	8,8	338,5	35	183,2	25,8	18,9	37,2	248,7	6440	1,62
	TED 17	23,9	7,7	8,7	363,0	33	65,7	21,3	12,3	83,5	281,3	4340	1,60
	TED 10	23,4	8,3	8,7	296,0	36	31,9	144,6	18,4	182,1	321,8	4256	1,65
	TED 11	20,0	8,5	7,7	374,5	29	36,5	9,0	21,2	131,3	143,7	1904	1,60
	TED 15	20,0	8,3	8,8	230,0	28	25,3	22,6	33,2	31,2	131,8	5236	1,63
	TED 8	17,3	4,2	7,9	23,0	32	9,3	6,3	39,1	34,8	53,2	1120	1,90
T1 9/mai	TED 13	23,3	6,7	7,8	17,0	40	7,0	6,1	8,5	57,3	13,1	728	1,92
	TED 16	22,2	7,0	7,8	34,0	52	33,1	9,6	28,0	467,5	95,5	952	1,90
	TED 9	16,2	5,6	8,2	20,0	40	12,3	7,8	5,0	43,2	112,1	812	1,42
	TED 14	22,9	6,0	7,6	16,0	45	4,0	12,4	5,7	24,9	43,6	756	1,45
	TED 17	23,6	12,1	8,0	66,0	39	16,4	11,6	8,2	37,2	32,1	1232	1,40
	TED 10	16,5	3,7	8,2	25,0	38	17,2	82,3	9,3	148,1	43,3	1736	1,35
	TED 11	21,8	10,4	8,4	10,0	32	8,7	6,2	18,1	283,2	42,4	1344	1,50
	TED 15	21,4	10,6	7,0	42,0	30	12,8	18,4	17,4	8,8	18,7	1568	1,45

TED8, TED13, TED16= tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e sem aeração; TED9, TED14, TED17 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); TED10, TED11, TED 15 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); T0 = coleta no tempo 0; T1= coleta no tempo 1 dia de tratamento. MF = massa fresca do aguapé.

Tabela 13. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total, massa fresca do aguapé e águas de saída dos sistemas de tratamento de efluentes da água de despesca nos dias 12 e 16 de maio de 2008 (coletas nos tempos 3 e 7 dias).

Data	Amostra	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)	MF aguapé (kg)
T3 12/mai	TED8	19,4	7,1	8,1	10	31	3,4	2,9	5,6	55,4	71,5	588	1,85
	TED13	19,4	7,8	7,0	4	34	2,6	2,7	3,5	16,9	31,0	476	1,72
	TED16	19,1	6,1	7,0	8	45	3,6	4,9	11,3	323,5	83,2	700	1,70
	TED9	19,1	4,2	7,5	9	38	6,0	5,2	5,5	49,8	115,0	644	1,18
	TED14	19,3	5,6	7,0	5	37	6,4	6,9	4,1	11,8	48,0	672	1,16
	TED17	19,7	7,1	7,1	14	39	5,3	4,9	7,4	21,3	24,2	616	1,50
	TED10	19,2	6,4	7,2	10	39	4,9	14,5	7,1	109,9	38,0	364	1,15
	TED11	19,3	7,0	7,1	4	31	2,3	5,3	12,2	233,2	18,3	588	1,60
	TED15	19,0	5,6	7,0	8	33	9,7	5,6	8,3	16,2	47,6	1540	1,20
T7 16/mai	TED8	20,1	6,3	8,4	9	30	2,9	1,8	4,2	43,2	61,8	672	2,05
	TED13	20,2	4,9	7,1	8	30	2,1	1,2	3,1	13,3	23,2	672	1,48
	TED16	19,7	5,8	6,9	7	33	2,3	1,1	8,7	231,2	68,4	672	1,50
	TED9	19,9	4,0	7,8	11	38	3,4	2,1	4,2	37,3	116,5	784	1,05
	TED14	20,0	4,4	7,0	7	36	5,3	2,4	4,3	51,7	53,8	2688	1,40
	TED17	20,4	6,3	6,8	10	34	4,7	1,9	6,8	18,3	25,2	560	1,30
	TED10	20,0	5,3	7,5	10	37	3,1	2,4	6,2	89,1	31,7	420	1,10
	TED11	20,0	5,0	7,3	6	36	1,8	1,4	10,3	81,3	23,9	448	1,95
	TED15	19,7	3,3	6,9	10	31	6,8	2,1	7,7	32,6	249,5	868	0,80

TED8, TED13, TED16= tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e sem aeração; TED9, TED14, TED17 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); TED10, TED11, TED 15 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); T3 = coleta no tempo 3 dias ; T7= coleta no tempo 7 dias de tratamento. MF = massa fresca do aguapé

Tabela 14. Valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, alcalinidade, fósforo ácido hidrolisável, ortofosfato, nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total, massa fresca do aguapé e águas de saída dos sistemas de tratamento de efluentes da água de despesca nos dias 23 e 30 de maio de 2008 (coletas nos tempos 14 e 21 dias).

Data	Amostra	T (°C)	OD (mg.L ⁻¹)	pH	MPS (mg.L ⁻¹)	ALC (mg.L ⁻¹)	PAH (µg.L ⁻¹)	ORT (µg.L ⁻¹)	N-NO ₂ (µg.L ⁻¹)	N-NO ₃ (µg.L ⁻¹)	N-NH ₄ (µg.L ⁻¹)	NT (µg.L ⁻¹)	MF aguapé (kg)
T 14 23/mai	TED8	21,4	5,5	7,7	15	31	2,1	2,0	3,1	31,2	78,3	728	1,59
	TED13	21,8	5,4	7,0	4	32	1,7	1,8	4,2	14,3	38,2	840	1,35
	TED16	20,1	6,1	6,9	5	36	2,7	1,5	7,3	183,2	42,1	588	1,20
	TED9	20,9	5,9	7,3	4	34	3,1	1,8	4,1	39,7	121,8	700	0,98
	TED14	21,4	4,8	6,9	4	35	4,8	2,3	3,6	43,2	31,2	336	1,70
	TED17	22,0	5,2	6,7	4	33	6,2	2,1	4,1	12,3	38,4	728	1,59
	TED10	20,7	4,9	7,3	3	31	1,6	2,2	5,2	78,1	21,7	560	1,19
	TED11	21,4	6,5	7,3	5	30	1,3	1,9	11,8	191,3	34,8	476	1,40
	TED15	20,5	4,0	6,9	4	29	5,4	1,7	6,1	21,2	131,6	616	1,25
T 21 30/mai	TED8	18,9	5,8	7,8	10	30	2,0	2,4	2,1	21,4	41,3	672	1,45
	TED13	19,1	7,1	7,1	12	29	1,8	1,4	4,1	8,2	23,8	756	1,80
	TED16	18,9	6,2	6,7	11	33	2,3	1,3	6,1	31,3	37,1	476	1,50
	TED9	18,9	6,6	7,6	7	31	4,1	1,0	2,4	13,1	71,3	588	1,82
	TED14	19,0	6,8	7,0	6	33	3,1	1,2	3,8	58,2	44,3	560	1,60
	TED17	19,4	3,8	6,7	12	30	4,0	1,5	3,9	11,8	29,4	728	1,30
	TED10	18,8	6,7	7,5	8	29	1,1	2,3	6,1	83,2	18,2	672	1,15
	TED11	19,0	6,7	7,2	9	31	1,2	2,5	13,2	207,8	37,9	560	1,00
	TED15	18,8	5,8	6,9	7	32	3,3	2,6	5,1	13,9	83,7	448	1,65

TED8, TED13, TED16= tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e sem aeração; TED9, TED14, TED17 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração dia (14 às 16h); TED10, TED11, TED 15 = tratamento da água de despesca dos viveiros sem renovação de água e aeração noite (23 às 5h); T 14 = coleta no tempo 14 dias ; T21= coleta no tempo 21 dias de tratamento. MF=massa fresca do aguapé.

Tabela 15. Resultados das categorias do inventário de fazendas de cultivo tradicional de camarão-da-amazônia e implicações nas categorias de impacto avaliadas pela análise do ciclo de vida.

<i>M. amazonicum</i> fazenda tradicional		Produção	Ração	Larvicultura	Viveiros	Tubos de concreto	Monge	Canal de abastecimento	Equipamentos	N fertilizante	P ₂ O ₅ fertilizante	Eleticidade	Transporte	Diesel	Total
Acidificação	kg SO ₂ -eq	0,00E+00	1,85E+01	1,39E+00	5,02E-01	5,71E-02	1,34E-01	1,18E-01	3,11E+00	1,63E-01	6,91E-02	6,52E-03	5,11E-01	6,51E-01	2,52E+01
Eutrofização	kg PO ₄ -eq	1,63E+02	1,14E+01	1,39E+00	8,72E-02	9,79E-03	3,03E-02	1,86E-02	5,63E-01	3,21E-02	8,36E-02	2,13E-03	8,20E-02	1,39E-01	1,76E+02
Mud. climáticas	kg CO ₂ -eq	0,00E+00	2,80E+03	7,65E+02	1,00E+02	2,79E+01	6,06E+01	7,22E+01	4,35E+02	5,80E+01	2,57E+00	6,85E+00	1,43E+02	1,10E+02	4,58E+03
Uso de superfície	m ² a	1,77E+02	2,10E+03	1,35E+02	3,70E+03	7,37E-01	7,12E-01	2,03E+00	1,70E+00	2,14E-01	6,44E-02	1,65E-01	3,91E+00	2,40E-01	6,12E+03
Uso de prod. primária	kg C	0,00E+00	2,06E+04	2,08E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,08E+04
Depend. de água	m ³	4,35E+04	5,30E+01	3,20E+03	5,00E+00	3,96E-01	7,31E-01	1,09E+00	1,52E+00	1,99E-01	3,50E-01	3,94E-02	1,49E+00	3,90E-01	4,68E+04
Uso de energia	MJ eq	0,00E+00	3,07E+04	1,53E+04	1,65E+03	1,84E+02	4,85E+02	3,92E+02	6,99E+03	4,00E+02	3,68E+01	1,46E+02	2,43E+03	1,63E+03	6,04E+04

Tabela 16. Resultados das categorias do inventário de fazendas de camarão-da-amazônia que adotam as boas práticas de manejo (*wetlands* construídas e reuso do sedimento) e implicações nas categorias de impacto avaliadas pela análise do ciclo de vida.

<i>M. amazonicum</i> BPM		Produção	Ração	Larvicultura	Viveiros	Tubos de concreto	Monge	Canal de abastec.	Wetlands	Equipam.	N fertiliz.	P ₂ O ₅ fertiliz.	Eletrij.	Transp.	Diesel	Trator	Total
Acidificação	kg SO ₂ -eq	0,00E+00	1,85E+01	1,39E+00	5,02E-01	5,71E-02	1,34E-01	1,18E-01	3,91E-02	3,11E+00	1,63E-01	6,91E-02	6,52E-03	5,11E-01	1,51E+00	2,99E-01	2,64E+01
Eutrofização	kg PO ₄ -eq	3,16E+00	1,14E+01	1,39E+00	8,72E-02	9,79E-03	3,03E-02	1,86E-02	3,45E+01	5,63E-01	3,21E-02	8,36E-02	2,13E-03	8,20E-02	3,22E-01	1,07E-02	-1,73E+01
Mud. climáticas	kg CO ₂ -eq	0,00E+00	2,80E+03	7,65E+02	1,00E+02	2,79E+01	6,06E+01	7,22E+01	1,21E+01	4,35E+02	5,80E+01	2,57E+00	6,85E+00	1,43E+02	2,54E+02	2,95E+01	4,76E+03
Uso de superfície	m ² a	1,77E+02	2,10E+03	1,35E+02	3,70E+03	7,37E-01	7,12E-01	2,03E+00	1,54E+02	1,70E+00	2,14E-01	6,44E-02	1,65E-01	3,91E+00	5,55E-01	0,00E+00	6,28E+03
Uso de pr. primária	kg C	0,00E+00	2,06E+04	2,08E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,08E+04
Depen. de água	m ³	4,35E+04	5,30E+01	3,20E+03	5,00E+00	3,96E-01	7,31E-01	1,09E+00	2,98E-01	1,52E+00	1,99E-01	3,50E-01	3,94E-02	1,49E+00	9,03E-01	0,00E+00	4,68E+04
Uso de energia	MJ eq	0,00E+00	3,07E+04	1,53E+04	1,65E+03	1,84E+02	4,85E+02	3,92E+02	1,77E+02	6,99E+03	4,00E+02	3,68E+01	1,46E+02	2,43E+03	3,77E+03	5,17E+02	6,32E+04

Tabela 17. Resultados das categorias do inventário de fazendas de cultivo tradicional de camarão-da-malásia e implicações nas categorias de impacto avaliadas pela análise do ciclo de vida.

<i>M. rosenbergii</i> fazenda tradicional		Produção	Ração	Larvicultura	Viveiros	Tubos de concreto	Canal de abastecimento	Equipamentos	N fertilizante	P ₂ O ₅ fertilizante	Monges	Eletricidade	Transporte	Diesel	Total
Acidificação	kg SO ₂ eq	0,00E+00	1,11E+01	7,32E-01	3,58E-01	4,07E-02	9,03E-02	2,23E+00	1,16E-01	4,93E-02	9,57E-02	5,50E-03	5,46E-01	4,65E-01	1,58E+01
Eutrofização	kg PO ₄ - eq	1,16E+02	6,85E+00	4,52E-01	6,22E-02	6,98E-03	1,42E-02	4,02E-01	2,29E-02	5,96E-02	2,16E-02	1,79E-03	8,76E-02	9,91E-02	1,24E+02
Mud. climáticas	kg CO ₂ eq	0,00E+00	1,68E+03	3,89E+02	7,16E+01	1,99E+01	5,53E+01	3,11E+02	4,14E+01	1,83E+00	4,32E+01	5,78E+00	1,53E+02	7,84E+01	2,85E+03
Uso de superfície	m ² a	1,26E+02	1,26E+03	8,71E+01	2,64E+03	5,26E-01	1,56E+00	1,22E+00	1,53E-01	4,59E-02	5,08E-01	1,39E-01	4,18E+00	1,71E-01	4,12E+03
Uso de prod. primária	kg C	0,00E+00	1,24E+04	3,91E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E+04
Dependência de água	m ³	6,16E+04	3,18E+01	3,66E+02	3,57E+00	2,82E-01	8,32E-01	1,09E+00	1,42E-01	2,49E-01	5,22E-01	3,33E-02	1,59E+00	2,78E-01	6,20E+04
Uso de energia	MJ eq	0,00E+00	1,84E+04	7,43E+03	1,18E+03	1,31E+02	3,00E+02	5,00E+03	2,86E+02	2,62E+01	3,46E+02	1,23E+02	2,60E+03	1,16E+03	3,70E+04

Tabela 18. Resultados das categorias do inventário de fazendas de camarão-da-malásia que adotam as boas práticas de manejo (*wetlands* construídos e reuso do sedimento) e implicações nas categorias de impacto avaliadas pela análise do ciclo de vida.

<i>M. rosenbergii</i> BPM		Produção	Ração	Larvicultura	Viveiros	Tubos de concreto	Canal de abastec.	Equipam.	N fertiliz.	P ₂ O ₅ fertiliz.	Monges	Wetlands	Eletric.	Transp.	Diesel	Trator	Total
Acidificação	kg SO ₂ eq	0,00E+00	1,11E+01	7,32E-01	3,58E-01	4,07E-02	9,03E-02	2,23E+00	1,16E-01	4,93E-02	9,57E-02	5,82E-02	5,50E-03	5,46E-01	1,08E+00	2,14E-01	1,67E+01
Eutrofização	kg PO ₄ - eq	1,30E+01	6,85E+00	4,52E-01	6,22E-02	6,98E-03	1,42E-02	4,02E-01	2,29E-02	5,96E-02	2,16E-02	-2,62E+01	1,79E-03	8,76E-02	2,29E-01	7,60E-03	-4,91E+00
Mudanças climáticas	kg CO ₂ eq	0,00E+00	1,68E+03	3,89E+02	7,16E+01	1,99E+01	5,53E+01	3,11E+02	4,14E+01	1,83E+00	4,32E+01	1,40E+01	5,78E+00	1,53E+02	1,82E+02	2,11E+01	2,99E+03
Uso de superfície	m ² a	1,26E+02	1,26E+03	8,71E+01	2,64E+03	5,26E-01	1,56E+00	1,22E+00	1,53E-01	4,59E-02	5,08E-01	3,17E+02	1,39E-01	4,18E+00	3,96E-01	0,00E+00	4,44E+03
Uso de prod. primária	kg C	0,00E+00	1,24E+04	3,91E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E+04
Depend. de água	m ³	6,16E+04	3,18E+01	3,66E+02	3,57E+00	2,82E-01	8,32E-01	1,09E+00	1,42E-01	2,49E-01	5,22E-01	4,42E-01	3,33E-02	1,59E+00	6,44E-01	0,00E+00	6,20E+04
Uso de energia	MJ eq	0,00E+00	1,84E+04	7,43E+03	1,18E+03	1,31E+02	3,00E+02	5,00E+03	2,86E+02	2,62E+01	3,46E+02	1,76E+02	1,23E+02	2,60E+03	2,69E+03	3,69E+02	3,91E+04

