



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA

**Caracterização da Qualidade da Água, dos Sedimentos e dos Efluentes
Gerados pela Atividade de Carcinicultura Marinha, em Duas
Fazendas no Estado de Santa Catarina - Brasil.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientadora: Prof^a Dr^a Clarice Maria Neves Panitz

ADRIANA DE PAULA CAVALCANTE FRAGA

**Florianópolis
Julho, 2002**

FICHA CATALOGRÁFICA

Fraga, Adriana de Paula Cavalcante

Caracterização da Qualidade da Água, dos Sedimentos e dos Efluentes Gerados pela Atividade de Carcinicultura Marinha, em Duas Fazendas no Estado de Santa Catarina - Brasil./ Adriana de Paula Cavalcante Fraga -- Florianópolis: UFSC, 2002.

30 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

1. Qualidade de água; 2. Qualidade dos sedimentos; 3. Efluentes da carcinicultura marinha; 4. Impacto ambiental; 5. *Litopenaeus vannamei*.

**Caracterização da Qualidade da Água, dos Sedimentos e dos Efluentes Gerados
pela Atividade de Carcinicultura Marinha, em Duas Fazendas no Estado de
Santa Catarina - Brasil.**

Por: ADRIANA DE PAULA CAVALCANTE FRAGA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM AQUICULTURA

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Prof. Jaime Fernando Ferreira, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Clarice Maria Neves Panitz (UFSC)

Prof. Dr. Luiz Alejandro Vinatea Arana (UFSC)

Prof. Dr. Alfredo Oliveira (UFRPE)

“Dedico esta dissertação às pessoas que me fizeram acreditar e seguir em frente nos meus objetivos, apoiando cada passo e decisão neste longo caminhar. Obrigado Arlinda Fraga, Alfredo Fraga e Alysson Fraga por todo amor, confiança e dedicação, e obrigado Hugo Diogo por todo apoio, carinho e companheirismo despendido a minha pessoa”.

*“Se teus projetos são para um ano, semeia o grão.
Se são para 10 anos, planta uma árvore.
Se são para 100 anos, instrua o povo.
Semeando uma vez o grão colherás 01 vez.
Plantando uma árvore colherás 100 vezes.
Se deres um peixe a um homem, ele comerá uma vez.
Porém se o ensinares a pescar comerá a vida inteira”.*

KUAN-TSU
Sábio Chinês
Século VII a. C.

AGRADECIMENTOS

A Profª Drª Clarice Maria Neves Panitz pela orientação, confiança e apoio oferecidos durante os dois anos de formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida.

Ao Laboratório de Camarões Marinhos-UFSC, na pessoa do Prof. Dr. Edemar R. Andreatta e M.Sc. Walter Seiffert por ceder as instalações da Fazenda Experimental Yakult para realização de parte do estudo.

A todos os funcionários da Fazenda Yakult pelo apoio ao longo de todo ciclo de cultivo, em especial Geraldo K. Foes; e todos os estagiários que colaboraram de forma ativa nas coletas de campo, principalmente os paranaenses Cláudio, José e Marcos (Pato).

Ao Sr. Adilho M. Costa, por ceder as instalações da Fazenda Costa Azul para realização de parte do trabalho prático. E também a Adilho M. Costa Júnior e o técnico Fabrício por toda atenção durante todo o período de trabalho.

Ao Prof. Dr. Darci Odílio Paul Trebien por permitir a execução de todas as análises no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

Ao técnico de laboratório Francisco Vetúlio Wagner por todo apoio, paciência, disposição e amizade ao longo de meses de trabalho; e também a Luiz Augustinho da Silva por toda ajuda e divertimento proporcionado ao longo desse tempo.

Aos funcionários do Departamento de Aquicultura por toda atenção prestada ao longo do curso.

Aos funcionários da Secretária do Curso de Biologia e do Setor de Transporte por toda atenção, compreensão e colaboração.

A todos os amigos que aqui encontrei e/ou reencontrei, carinhosamente: Adriana Saccol, Arthur Ferreira, Carina Bessa, Cristiane Generoso e Orestes Vega.

Por último, mas não menos importante, a Deus, por mais uma etapa cumprida.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO | viii |
| ABSTRACT | ix |
| 1. INTRODUÇÃO | x |
| 2. CORPO DO ARTIGO CIENTÍFICO | 1 |
| 2.1 Artigo: Caracterização da Qualidade da Água, dos Sedimentos e dos Efluentes em Duas Fazendas de Cultivo de Camarão Marinho (<i>Litopenaeus vannamei</i> Boone, 1931), Santa Catarina - Brasil. | 1 |
| Resumo | 1 |
| 1. Introdução | 2 |
| 2. Material e métodos | 3 |
| 3. Resultados | 6 |
| 4. Discussão | 10 |
| 5. Conclusões | 16 |
| Agradecimentos | 16 |
| Referências bibliográficas | 17 |
| 3. RECOMENDAÇÕES | xv |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO | xvi |

RESUMO

A atividade de carcinicultura marinha recentemente atingiu caráter técnico empresarial no Brasil, com o cultivo da espécie exótica *Litopennaeus vannamei* (Boone, 1931) e tem demonstrado um crescimento exponencial, apesar de não possuir regulamentação própria, por este motivo há preocupações para que esta não siga o mesmo desenvolvimento utilizado por países como Tailândia, Taiwan, México e Equador. Como pouco se conhece sobre as alterações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos sistemas de cultivo semi-intensivos do *L. vannamei*, o presente trabalho se propõe a caracterizar a qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes em duas fazendas modelo de carcinicultura marinha, Yakult (Barra do Sul/SC) e Costa Azul (Laguna/SC), durante um ciclo de cultivo (Jan./01 a Mai./01) avaliando os parâmetros na água: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), transparência, sólidos suspensos totais (SS), clorofila *a* (*cl_a*), feofitina, fósforo disponível (P_D) e nitrogênio total (NT) e nos sedimentos: matéria orgânica (MO_S), feopigmentos, fósforo disponível (P_{DS}) e nitrogênio total (NT_S). Foram escolhidos 15 pontos de coleta na Fazenda Yakult e 9 na Fazenda Costa Azul, distribuídos para caracterizar a água e sedimentos de entrada (captação), dentro dos viveiros e na drenagem (efluentes). As análises foram realizadas com auxílio de medidores portáteis (temperatura, pH, OD e salinidade), transparência com disco de Secchi, os demais parâmetros por meio de análises químicas no laboratório de solos da UFSC e, posteriormente, todos os resultados foram submetidos a ANOVA, seguido do teste de Tukey com $P < 0,05$. As fazendas utilizaram diferentes densidades, potências de aeradores, quantidades de alimento artificial, número de bandejas de alimentação, taxas de renovação de água, quantidades de adubações e fertilizações e tempos de cultivo; porém, obtiveram produtividades próximas a 2 ton./ha. Os valores de pH e salinidade não variaram ao longo do cultivo; porém, a temperatura e o OD diminuíram com o passar do tempo. Quanto ao tempo de cultivo, observou-se que os cultivos atingem períodos críticos de alterações nos principais parâmetros em 57 dias para Fazenda Yakult e 72 dias para Fazenda Costa Azul. Comparando-se às médias do ponto de captação x drenagem pode-se notar que os valores de transparência foram: 2 e 2,2x maior, SS: 2 e 2,7x maior, *cl_a*: 2,6 e 10x maiores, feofitina: 2,7 e 3,4x maior, P_D : 2,6 e 7,8x maior, NT: 1,7x menor e 2,2x maior, feopigmento: 2,3 e 1,6x maior, MO_S : 1,2x 1,3 maior, NT_S : 1,1 e 1,2x maior e P_{DS} : 1,2x maior e 1,5x menor para as fazenda Yakult e Costa Azul, respectivamente, sendo o alimento artificial e as técnicas de manejo um os maiores contribuintes para as alterações sofridas na água e sedimentos destas fazendas. Desta forma, identificou-se um incremento da maioria destes parâmetros nas duas fazendas estudadas, tendo a Costa Azul demonstrado maior aumento na carga de efluentes quando comparada à Yakult para sete das dez variáveis confrontadas entre captação e drenagem. Portanto, faz-se necessário a utilização de sistemas de tratamentos de efluentes pelas fazendas, para mitigação de impactos ao meio ambiente.

ABSTRACT

Shrimp farming recently achieved commercial aspect in Brazil with the exotic species *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931 culture but there is none proper legislation and for this reason care must be taken in order to avoid the same problems occurred in other countries as Thailand, Taiwan, Mexico and Equator (virus diseases and severe environmental degradation). Little is known about changes of physical, chemical and biological parameters of water and sediments due to semi-intensive cultures of *L. vannamei*. This present paper intends to characterize and evaluate water (intake, ponds), sediments and effluents quality in two shrimp farms in south of Brazil, Santa Catarina state, Yakult Farm (Barra do sul, SC) and Costa Azul Farm (Laguna, SC) during a culture cycle (january to may/01). The following water parameters were measured: temperature, pH, dissolved oxygen, total transparency, suspended solids, chlorophyll, pheophitin, available phosphorus and total nitrogen and in sediments: organic matter, pheopigments, available phosphorus and total nitrogen. 15 points of samplings were chosen in Yakult Farm and 9 in Costa Azul Farm. The analyses were carried out through portable equipments and sediments chemical analyses were made in UFSC soil laboratory, later were analysed for ANOVA and Tukey test ($P < 0,05$). The farms used different shrimp densities, aerators powers, artificial food amount, number of feeding trays, water exchange rates, amounts of fertilizers and culture time. However, the two farms reached a very close productivity (2ton/ha). The values of pH and salinity had not varied along the culture period; however, temperature and dissolved oxygen had diminished with time. About the culture time it was observed that shrimp culture reached a critical period in changings in the main parameters measured in 57 days for Yakult Farm and 72 days for Costa Azul Farm. Comparing the mean averages of water intake x water output one can observe the following changes: transparency had been 2 and 2.2 bigger; suspend solids 2 and 2.7 bigger, chlorophyll 2.6 and 10x bigger; pheophytin 2.3 and 1.6 bigger, organic matter 1.2 and 1.3 greater; total nitrogen 1-1.2 bigger, available phosphorus 1.2x bigger and 1.5 lesser for Yakult farm and Costa Azul farm, respectively. Finally it was observed a great increasing in the main parameters analysed in the two farms and artificial food and management techniques were responsible for water and sediments changings. Costa Azul Farm has showed a bigger increase in effluent quality than Yakult Farm, specially in water intake and output. In order to avoid environmental, social and economic problems it is essential to employ effluent treatment systems.

1. INTRODUÇÃO

A atividade aquícola tem se destacado em todo o mundo devido ao seu potencial de desenvolvimento e ainda, perante as justificativas de oferecer seguridade alimentícia com a produção de proteína animal, além da geração de empregos e divisas para as comunidades, municípios, estados e países (FAO, 1996; Rocha e Rodrigues, 2000; DPA, 2001).

Dentro da aquícultura, a carcinicultura marinha vem apresentado um notado crescimento, a partir dos anos 80 em regiões costeiras de países tropicais e subtropicais em desenvolvimento, observando-se um salto na produção mundial de 84.000 ton. em 1982 para 733.000 ton. em 1994 e atingindo 850.000 ton. em 1998 (Maia, 1998; FAO, 2000; Páez-Osuna, 2001).

O Brasil apresenta uma extensa faixa litorânea e condições climáticas, hidrobiológicas e topográficas favoráveis à carcinicultura; porém, esta só obteve caráter técnico-empresarial no final da década de 80 (Rocha e Maia, 1998). O crescimento da carcinicultura é bastante marcante, a partir do ano de 1997, onde a produção passa de 3.600 ton. para 25.000 ton. em 2000 e atinge 35.310 ton. em 2001, sendo a região Nordeste responsável por 97% da produção, seguida da região Sul com 2,2%, onde destaca-se o estado de Santa Catarina, com cerca de 80% da produção regional (Rocha e Rodrigues, 2000; DPA, 2001).

De acordo com Rocha (1998), os fatores que tem colocado o Brasil em destaque mundial no cultivo de camarões marinhos são: a adoção da espécie *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), o completo domínio do ciclo reprodutivo desta espécie, formação de banco de reprodutores, aperfeiçoamento e desenvolvimento de uma tecnologia de manejo operacional, disponibilidade de alimentos balanceados capazes de suportar produtividades superiores a 5 ton./ha/ano e a crescente demanda por camarão cultivado, tanto a nível nacional como internacional.

Além de todos os pontos favoráveis já mencionados, acrescenta-se o fortalecimento dos produtores pela Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC) e criação do Departamento de Pesca e Aquicultura no Ministério da Agricultura (DPA/MA), que vem buscando cada vez mais a ascensão da carcinicultura brasileira. Um exemplo é o plano de ação criado pelo DPA em 1999 e reiterado em 2001, que gera metas bastante ambiciosas, visando converter o Brasil no maior produtor de camarões marinhos e com produções que, por si só, poderão reverter o déficit da balança comercial nacional de pescado, passando de 25.000 ton. em 2000 para 70.410 ton. em 2003 e 140.000 ton. para 2005 (DPA, 2001).

As experiências com cultivo de camarão marinho em Santa Catarina iniciaram-se na década de 80 com a espécie nativa *Farfantepenaeus paulensis* (camarão rosa); porém, estas não foram bem sucedidas, devido a um maior tempo de cultivo requerido e índices zootécnicos pouco favoráveis. Em 1998 foi introduzida a espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (camarão branco do pacífico) na região de Laguna pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e EPAGRI, tendo esta uma boa adaptação às condições locais, mostrando um crescimento de 1.044% na produção estadual em quatro anos, passando de 50 toneladas em 1998 para 572,1 toneladas em 2001. Apesar deste notável crescimento, a produtividade do estado encontra-se abaixo da média nacional; este fato encontra-se ligado à temperatura que ocorre na estação de inverno, impossibilitando os produtores de realizarem mais de dois ciclos por ano (Instituto CEPA/SC, 2001).

Contudo, apesar do momento propício pelo qual a carcinicultura vem passando é importante ressaltar as preocupações com sua expansão. Levando em conta que o país ainda não possui uma legislação específica para atividade e tendo como exemplos os casos da Tailândia, Taiwan, México e Equador que, apesar de já terem tido as maiores produções e produtividades sofreram problemas avassaladores com a introdução de enfermidades e degradação ambiental (Primavera, 1998; Jory e Dugger, 2000; Wainberg, 2000; Zarain-Herzberg e Ascencio-Valle; 2001).

Os principais impactos gerados estão relacionados à contribuições de matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes, tendo como principal “input”, o alimento artificial e fertilizações químicas e orgânicas; ocupação e salinização do solo; perda de produtos, serviços e ecossistemas de manguezais; introdução de espécie exótica e riscos com enfermidades; conflitos sociais por restrições no uso das áreas ocupadas, alterações hidrológicas no fluxo e padrão de circulação dos estuários e alterações na salinidade (Páez-Osuna *et al.*, 1997; Primavera, 1998; Wainberg e Camara, 1998; Barraclough e Finger-Stich, 2001).

A pressão de órgãos ambientais governamentais e/ou não governamentais tem causado preocupações aos produtores que por meio da ABCC adotaram um “termo de compromisso e código de conduta” mediante a sua associação com a Global Aquaculture Alliance (GAA). Neste termo regem como elementos essenciais para uma carcinicultura sustentável os seguintes temas: manguezais, avaliação de local para instalação de fazendas, projeto de engenharia e construção de fazendas, uso de alimentação, estado de saúde do camarão, uso de substâncias químicas, manejo de viveiros, despesa e transporte, efluentes e resíduos sólidos, relações com os funcionários e com a comunidade local (ABCC, 2001; DPA, 2001).

Além do termo de compromisso e código de conduta assumido pelos produtores, os empreendimentos também devem estar de acordo com Lei Federal nº 9.433 que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos e a Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos e com a resolução CONAMA Nº 20, que definem regras para a utilização dos corpos d’água afim de que estes não sejam afetados por consequência da

deterioração da qualidade das águas (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 1997; MMA, 2001).

O termo “sustentável” tem sido amplamente discutido e questionado em relação a esta atividade, considerando-se que de efetivo, as ações ainda não são adequadas e a realidade brasileira tem caminhado na mesma direção errônea que seguiram outros países como a Tailândia (Quesada *et al.*, 1998; Vinatea e Muedas, 1998; Viola *et al.*, 1998; Vinatea, 1999; Assad e Bursztyn, 2000). Um dos mais fortes indícios tem sido a forma de intensificação imposta pelos produtores dentro dos empreendimentos, submetendo o animal a um grande “stress” propiciando a manifestação de doenças, aumentando os “inputs” no sistema de cultivo e a deterioração da água de cultivo, dos sedimentos e dos efluentes e, conseqüentemente, nos ambientes adjacentes já que não existem sistemas de tratamento na grande maioria das fazendas (Wainberg e Camara, 1998; Wainberg, 2000).

Apesar de todas as discussões a respeito do impacto que os efluentes gerados pela carcinicultura marinha tem sob os ambientes costeiros, no Brasil ainda há poucos estudos voltados para sua caracterização e todas as hipóteses utilizadas para o tratamento e avaliação dos efeitos potenciais baseiam-se em estudos realizados em outros países que apresentem similaridade entre os regimes de cultivo empregados (Wainberg e Camara, 1998). Isto sugere sub ou super estimação das alterações sobre os ambientes, pois, são muitos os fatores interferentes neste processo, já que o meio deve ser considerado como um todo e os modelos devem ser específicos para cada local (Colman e Jacobson, 1991).

Na geração de efluentes vale ressaltar o papel fundamental que o compartimento dos sedimentos têm para a manutenção da qualidade do sistema de cultivo como um todo, pois, influenciam no metabolismo do meio através de processos biológicos, químicos e físicos; sendo também importantes para avaliação da intensidade e formas de impactos a que estes estão submetidos (Sipaúba-Tavares, 1994; Esteves, 1998). Este compartimento apresenta concentrações altas de matéria orgânica e nutrientes, afetando de forma direta na concentração de oxigênio do cultivo e no crescimento dos camarões, por isso torna-se imprescindível adotar medidas de manejo adequadas que permitam a correção dos parâmetros, anteriormente, ao início de um novo ciclo (Boyd, 1995; Boyd, 1998; Ritvo *et al.*, 1998).

De acordo com Rocha (2000), os sistemas de cultivo utilizados no Brasil variam de semi-extensivos a super-intensivos e possuem produtividades de 900 kg/ha/ano a 7.000 kg/ha/ano; porém, a maioria das fazendas utiliza o sistema semi-intensivo com densidades médias de 35 camarões/m², produtividades em torno de 3.500 a 4.000 kg/ha/ano, empregando ainda técnicas de manejo para preparação prévia do solo e da água, controle do arraçoamento por meio de bandejas de alimentação e aeração com equipamentos do tipo “paddle wheel”. A adoção do uso de aeradores se deu no Brasil por influência taiwanesa em meados da década de 90,

alegando-se maior estabilização dos parâmetros hidrobiológicos, redução nas taxas de renovação de água e possibilidade de maior intensificação dos cultivos.

Torna-se importante investir em tecnologias “limpas” que permitam a redução de “inputs” de nutrientes e taxas de renovação de água para favorecer equilíbrio aos ambientes adjacentes (Nascimento *et al.*, 1998). Em vista que, segundo Boyd (2000), para uma renovação diária de 2% em um viveiro que possui profundidade igual a 1 m, o volume de efluentes gerados será igual 2,4 vezes o seu volume total, seja 24.000 m³/ha/ciclo; tendendo a agravar-se, à medida que se utilizam maiores taxas de renovação diária. Ainda, segundo o autor anteriormente citado, para um típico viveiro de camarão que utiliza renovação diária de 2%, ao fim do ciclo teríamos uma carga de sólidos totais dissolvidos de 5.600 kg/ha e uma demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias igual a 300 kg/ha lançados sem nenhum tratamento prévio nos ambientes costeiros adjacentes.

Estudos realizados no México por Páez-Osuna *et al.* (1997, 1998, 1999) acompanharam dois ciclos de cultivo em estação seca e chuvosa em fazendas de sistema semi-intensivos que utilizam densidades médias de 17 camarões/m², taxas de renovação de 3 a 20%, fertilizações e alimento artificial. Nestes estudos foi demonstrado que os sistemas de produção semi-intensivos são responsáveis por incrementos consideráveis nos níveis de sólidos totais suspensos, sólidos orgânicos suspensos, clorofila *a*, fósforo disponível, nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal. Ainda apresentaram que 76% da origem do nitrogênio (N) e 83,4% do fósforo (P) são provenientes dos alimentos artificiais, onde só 35,5% de N e 6,1% de P são incorporados à biomassa de camarão e cerca de 36,7% de N e 30,3% de P são perdidas para o ambiente através dos efluentes. A estimativa é que para cada tonelada de camarão produzida perca-se para o ambiente 28,6 kg de N e 4,6 kg de P, sem contar com as perdas de N por volatilização ($\pm 65,7\%$) e acumulação do P nos sedimentos ($\pm 47,2\%$).

Segundo os trabalhos citados acima, apesar do incremento de nutrientes e sólidos dissolvidos e particulados, os níveis de impacto da atividade apresentaram-se menores, quando comparados aos cultivos de peixes de água doce em tanques de terra e gaiolas, peixes marinhos em gaiola, cultivos de camarão intensivos, efluentes da agricultura e efluentes municipais. Seja para o México, toda a contribuição de efluentes da aquíicultura representa acréscimo de 1,5% da carga de N e 0,9% da carga de fósforo introduzida ao ambiente.

Contudo, não se justifica o prejuízo causado ao meio ambiente, principalmente, quando se trata de uma atividade dependente do estado de conservação do mesmo para a continuidade do cultivo, pois, o lançamento de efluentes pode exceder a capacidade assimilativa das águas receptoras e causar uma auto-poluição, ocasionando perdas na produtividade e epidemias (Wainberg e Camara, 1998).

Existem algumas publicações direcionadas à geração de tratamentos de efluentes de fazendas de cultivo de camarões marinhos, que se baseiam na retenção de sólidos suspensos por meio de bacias de sedimentação, utilização de moluscos bivalves para filtrar sólidos dissolvidos, plantas aquáticas para absorver os nutrientes

dissolvidos (N e P) ou utilizam sistemas de tratamento integrando sedimentação/filtração/absorção e quando possível conciliam com a produção de espécies que possuam interesse econômico (Nascimento *et al.*, 1998; Boyd, 2000; Jones *et al.*, 2001).

Porém, os estudos ainda estão a nível experimental e a aplicação efetiva encontra muita resistência por parte dos produtores, porque para tal mudança exige-se investimentos em estrutura, mão-de-obra, tecnologia apropriada e conversão de áreas. Trabalhos como o proposto por Oliveira (2001) visam minimizar estes impasses e conduzir os projetos de tratamento, aproveitando a própria estrutura da fazenda, sem necessidade de mudanças no “layout” e utilização da ostra do mangue (*Crassostrea rhizophorae*) como fonte de renda adicional suprindo investimentos e gerando lucros.

Desta forma, identifica-se uma carência de estudos que visem contribuir para o conhecimento da qualidade da água, dos sedimentos e das alterações geradas pelas fazendas de carcinicultura marinha nestes compartimentos. Neste trabalho propõe-se caracterizar a água, os sedimentos e efluentes em duas fazendas de criação de camarão marinho no Estado de Santa Catarina, a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos amostrados e identificar as alterações sofridas durante um ciclo de cultivo, podendo, desta maneira, fornecer subsídios para estudos posteriores de avaliação e mitigação dos impactos.

O referido estudo, será apresentado de acordo com as normas da revista *Aquaculture*, ISSN 0044-8486, na forma de *Original Research Papers (Regular papers)*.

2. CORPO DO ARTIGO CIENTÍFICO

2.1. Artigo

Caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes em duas fazendas de cultivo de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931), Santa Catarina - Brasil.

Adriana de Paula Cavalcante Fraga¹ e Clarice Maria Neves Panitz².

² Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC (Brasil).

Resumo

Estudos para caracterização da qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes foram conduzidos nas fazendas Yakult (Barra do Sul/SC) e Costa Azul (Laguna/SC) que cultivam o camarão *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em sistema semi-intensivo, sendo acompanhado o período referente a um ciclo de cultivo (Jan./01 a Mai./01) em 24 pontos amostrais. Os parâmetros avaliados para água e efluentes foram: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, salinidade, transparência, sólidos suspensos (SS), clorofila *a* (*cla*), feofitina, fósforo disponível (P_D) e nitrogênio total (NT), e para os sedimentos analisou-se matéria orgânica (MO_S), feopigmentos, fósforo disponível (P_{DS}) e nitrogênio total (NT_S); sendo posteriormente analisados através de ANOVA, seguido do teste de Tukey com $P < 0,05$. As produtividades foram semelhantes para ambas as fazendas ($\cong 2$ ton./ha) e os valores de temperatura, salinidade, OD e pH estiveram dentro do indicado para o cultivo de camarão; porém, os dois últimos foram considerados baixos nos pontos de drenagem das fazendas. Comparando-se às médias do ponto de captação x drenagem pode-se notar que os valores de transparência foram: 2 e 2,2x maior, SS: 2 e 2,7x maior, *cla*: 2,6 e 10x maiores, feofitina: 2,7 e 3,4x maior, P_D : 2,6 e 7,8x maior, NT: 1,7x menor e 2,2x maior, feopigmento: 2,3 e 1,6x maior, MO_S : 1,2x 1,3 maior, NT_S : 1,1 e 1,2x maior e P_{DS} : 1,2x maior e 1,5x menor para as fazenda Yakult e Costa Azul, respectivamente. Desta forma, identificou-se um incremento da maioria destes parâmetros nas duas fazendas estudadas, resguardando-se apenas as proporções de aumento.

Palavras chave: Qualidade da água, sedimentos, efluentes, cultivo de camarão, *Litopenaeus vannamei*.

1 Correspondência com o autor. End.: R. Papa João XXIII, 170 – Bonsucesso 53.240-180, Olinda/PE.

Tel. +55-81-34392445.

E-mail: apcfraga@yahoo.com.br

1. Introdução

A expansão mundial da carcinicultura levou o Brasil a identificar suas potencialidades para tornar-se um dos maiores produtores de camarões marinhos e com o apoio do governo e associações vem investindo de forma arrojada neste setor (Rocha e Maia, 1998; DPA, 2001).

O cultivo de camarões só obteve caráter técnico-empresarial no final da década de 80 com a adoção da espécie exótica *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) e, atualmente, o Brasil tem investido pesado em tecnologia para intensificação dos cultivos (Rocha e Maia, 1998), destacando-se no cenário mundial por índices médios de produtividade em torno de 4 ton./ha/ano (Oliveira, 2001).

Em Santa Catarina, a carcinicultura iniciou nos anos 80 com o cultivo do camarão rosa (*Fanfantepeanaeus paulensis*), mas a atividade empresarial evoluiu a partir de 1998, seguindo os moldes citados anteriormente. Porém, devido ao clima sub-tropical do Estado, a atividade limita-se a dois ciclos anuais e possui uma produtividade média de 2,12 ton./ha/ano, ficando abaixo do índice nacional. Apesar deste fato, a carcinicultura catarinense merece destaque, tendo em vista que em quatro anos o crescimento da produção foi de 1.044%, passando de 50 ton./ano em 1998 para 572 ton./ano em 2001, e a área alagada aumentou 771%, saindo de 35 ha em 1998 para 270 ha em 2001 (Instituto CEPA/SC, 2001).

Como visto, o panorama da carcinicultura marinha é bastante promissor, mas faz-se necessário ressaltar as preocupações com sua expansão, principalmente, quando se identifica um crescimento muito alto num curto intervalo de tempo e sem uma gestão efetiva. Agravando-se, quando levamos em conta que, o país ainda não possui uma legislação específica para atividade e, tendo como exemplo os casos da Tailândia, Taiwan, México e Equador que, apesar de já terem tido as maiores produções e produtividades sofreram problemas avassaladores com introdução de enfermidades e degradação ambiental (Primavera, 1998; Jory e Dugger, 2000; Wainberg, 2000; Zarain-Herzberg e Ascencio-Valle, 2001).

A pressão de órgãos ambientais governamentais e/ou não governamentais tem causado preocupações aos produtores que por meio da ABCC (Associação Brasileira de Criadores de Camarão) adotaram um “termo de compromisso e código de conduta” mediante a sua associação com a GAA (Global Aquaculture Alliance). Neste termo regem como elementos essenciais para uma carcinicultura sustentável os seguintes temas: manguezais, avaliação de local para instalação de fazendas, projeto de engenharia e construção de fazendas, uso de alimentação, estado de saúde do camarão, uso de substâncias químicas, manejo de viveiros, despesca e transporte, efluentes e resíduos sólidos, relações com os funcionários e com a comunidade local (ABCC, 2001; DPA, 2001).

Além do termo de compromisso e código de conduta assumido pelos produtores, os empreendimentos também devem estar de acordo com Lei Federal nº 9.433 que estabelece a Política Estadual de Recursos

Hídricos e a Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos e com a resolução CONAMA Nº 20, que definem regras para a utilização dos corpos d'água afim de que estes não sejam afetados por consequência da deterioração da qualidade das águas (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 1997; MMA, 2001).

No Brasil não se registram muitos estudos que identifiquem os possíveis impactos da atividade no meio em que se encontram inseridas, nem quanto às alterações na qualidade dos sedimentos, da água, volume e características dos efluentes gerados. Baseando-se em trabalhos realizados noutros países, especula-se que existam alterações relacionadas à contribuições de matéria orgânica, sólidos suspensos e nutrientes; ocupação e salinização do solo; perda de produtos, serviços e ecossistemas de manguezais; introdução de espécie exótica e riscos com enfermidades; conflitos sociais por restrições no uso das áreas ocupadas, alterações hidrológicas no fluxo e padrão de circulação dos estuários, alterações na fauna bentônica, na salinidade e demanda bioquímica do oxigênio (Páez-Osuna et al., 1997; Primavera, 1998; Wainberg e Camara, 1998; Boyd, 2000; Barraclough e Finger-Stich, 2001).

Devido à existência de poucos estudos que visem contribuir para o conhecimento das alterações geradas pelas fazendas de carcinicultura marinha sob os compartimentos água-sedimento, propõe-se neste trabalho caracterizar a qualidade da água, dos sedimentos e dos efluentes em duas fazendas de criação de camarão marinho, a partir de parâmetros físicos, químicos e biológicos amostrados e identificar as mudanças sofridas durante um ciclo de cultivo, podendo, desta maneira, fornecer subsídios para estudos posteriores de avaliação e mitigação dos impactos.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

Os estudos foram realizados em duas fazendas de carcinicultura marinha, localizadas nos municípios de Barra do Sul e Laguna, Santa Catarina, Brasil (Figura 1). O primeiro com posição geográfica de 26°32'S e 48°39'W, onde se encontra a Fazenda Experimental de Cultivo de Camarões Yakult (Fazenda Yakult) que pertence à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob a direção do Laboratório de Camarões Marinhos (LCM) do Departamento de Aqüicultura.

A Fazenda Costa Azul, de propriedade privada, situa-se em Laguna a 28°29'S e 48°47'W, onde estão dispostos o maior número de fazendas de carcinicultura marinha, sendo o pólo de cultivo de camarão do Estado (EPAGRI, 2001).

2.2. Caracterização do Experimento

O estudo realizado foi restrito a um ciclo de cultivo do camarão branco do pacífico (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931), período referente ao verão/outono (Janeiro/Maio) que apresenta temperaturas mais elevadas e chuvas torrenciais; tendo os cultivos datas de início e fim diferentes para cada fazenda acompanhada. Na Fazenda Yakult foram realizadas 05 viagens de campo para coleta, entre 25/01/01 e 16/05/01, sendo a primeira um dia antes do início do cultivo (0 dias), 37 dias depois, 57 dias depois, 90 dias depois e no final do cultivo (112 dias). Para a Fazenda Costa Azul 04 viagens de campo foram realizadas entre 30/01/01 e 10/05/01, a primeira 20 dias após o início do cultivo, 44 dias depois, 72 dias depois e no final do cultivo (101 dias).

A Fazenda Yakult possui uma lâmina d'água aproximada de 23 ha e características de solo argiloso e para o experimento foram utilizados três tanques retangulares de terra com área de 1,2 há e profundidade de 0,9 m. O sistema de cultivo adotado foi o semi-intensivo com densidade de 35 camarões/m², utilizando-se aeradores de pá "paddlewheel" (1,7Hp/ha), bandejas de alimentação (30 bandejas/ha), composição da ração não conhecida (ração comercial em teste pela Purina) e os dados de manejo encontram-se na Tabela 1. O camarão cultivado foi o da espécie exótica *L. vannamei* povoados com idade de PL₂₀, comprimento de 1,0 a 1,5 cm e peso médio de 0,8 mg. Quinze pontos foram tomados para coleta de água e sedimentos, onde utilizou-se 03 pontos para caracterizar o material na área de captação da fazenda, 09 pontos em 03 viveiros de cultivo para caracterizar as alterações sofridas durante o tempo de cultivo e 03 pontos para caracterizar o material drenado da fazenda para o meio receptor; tendo sua disposição esquemática mostrada na Figura 2a.

Para a Fazenda Costa Azul que possui 10,8 ha de lâmina d'água e características de solo arenoso, utilizou-se dois tanques com profundidade média de 1,0 m e áreas de 2,8 ha e 4,1 ha, com densidades de 38,5 e 33 camarões/m², respectivamente. Nesta fazenda também se aplica o sistema semi-intensivo, com a mesma espécie de camarão e mesmas características de povoamento (idade, comprimento e peso); com 5,0 a 5,3, Hp/ha de aeradores do tipo pá "paddlewheel" e 49 a 51 bandejas/ha, ração comercial para camarões 37% de proteína bruta (Laguna CMS 37, com 1% de P), estando os dados de manejo na Tabela 1. Nove pontos de coleta foram eleitos para Fazenda Costa Azul, obtendo-se 02 pontos para caracterizar a água e os sedimentos na captação da fazenda, 06 pontos em 02 viveiros para caracterizar as alterações sofridas durante o tempo de cultivo e 01 para caracterizar o material drenado (Figura 2b).

2.3. Metodologia de Campo

A estratégia de coleta foi padronizada para ambas as fazendas, sendo as coletas realizadas no período da manhã, com exceção dos efluentes da despesca para Fazenda Yakult.

A rotina de coleta foi a seguinte: chegando ao ponto pré-estabelecido tomava-se os parâmetros por medidores portáteis que eram oxigênio dissolvido (OD) e temperatura (YSI – 55, modelo 55/12FT), potencial de hidrogênio (pH-10, Corning, Mite), salinidade (refratômetro Bio-Marine Aquafauna ABMTC); transparência (disco de Secchi), armazenava-se a água da camada inferior (camada água-sedimento) do tanque em garrafas pet de 2 L, coletava-se o sedimento com auxílio de equipamento composto por um cano de PVC (10 cm de diâmetro e 10 cm de altura) e pá de alumínio.

Posteriormente, filtrava-se o volume necessário em filtros específicos para as análises de clorofila *a* de acordo com os procedimentos citados por Strickland e Parsons (1972) e sólidos suspensos de acordo com os procedimentos descritos por Baumgarten *et al.* (1996).

Os sedimentos eram armazenados em baixas temperaturas e ao chegar à UFSC, eram devidamente lavados (três lavagens) e secos em estufa a 40°C e acondicionados em sacos plásticos de acordo com metodologia descrita em Porto-Filho (1993).

2.4. Metodologia Laboratorial

Todas as análises foram conduzidas no Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A investigação dos parâmetros biológicos e químicos na água e metodologias empregadas foram: clorofila *a* (*cla*) e feofitina, através do método de espectrometria de acordo com Strickland e Parsons (1972) e cálculos das concentrações derivados de Jeffrey e Humphrey (1975); fósforo dissolvido (P_D) e sólidos suspensos totais (SS), utilizando metodologia padronizada para águas salinas no Brasil, modificadas por Baumgarten *et al.* 1996; nitrogênio total (NT) pelo método de espectrofotometria com azul-de-salicílico, descrito por Silva (1999).

As análises dos sedimentos concentraram-se nos seguintes parâmetros e metodologias: feopigmentos pelo método proposto por Lorenzen (1974) *apud* Porto Filho (1993); matéria orgânica (MO_S) e fósforo disponível (P_{DS}) de acordo com metodologia Tedesco *et al.* (1985); nitrogênio total (NT_S) pelo método de espectrofotometria com azul-de-salicílico, descrito por Silva (1999).

2.5. Análises dos Dados

Todos os dados gerados foram analisados no programa Microsoft Excel 97 e Microcal Origin versão 3.0 para análise estatística utilizando Análise de Variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, para comparação de médias entre os resultados obtidos, com nível de significância $P < 0,05$.

3. Resultados

Os resultados de produtividade, taxa de conversão alimentar e sobrevivência para o cultivo do camarão *L. vannamei* foram melhores para Fazenda Costa Azul, onde utilizou-se maiores densidades e taxas de renovação (Tabela 1).

Os dados meteorológicos médios de precipitação foram maiores para o município de Barra do Sul, marcando 160 mm em Janeiro e Fevereiro diminuindo para 80 mm até Maio, e em Laguna manteve-se com médias de 80 mm em todo período, com exceção do mês de Fevereiro (160 mm). A insolação média para todo período foi maior para Laguna, com 60 %, e cerca de 50% para Barra do Sul (fonte: INMET, 2001).

A seguir serão apresentados os resultados das variáveis analisadas para água, sedimentos e efluentes para Fazenda Yakult e Fazenda Costa Azul e na Tabela 2 e Tabela 3 serão expostos os valores mínimos, máximos e médios e as análises estatísticas, respectivamente, para os referidos parâmetros.

3.1. Fazenda Yakult – Barra do Sul/SC

Na Figura 3 encontra-se representada a variação temporal para todas as variáveis analisadas na água e efluentes, nos pontos de coleta da Fazenda Yakult.

Nesta fazenda podemos notar uma maior variação na temperatura da água com mínimo de 19,8°C e máximo de 33,8°C, demonstrando queda significativa nas médias ao longo do período de cultivo (Figura 3a).

Na Figura 3b, observamos que os valores de OD para os viveiros de cultivo foram sempre mais altos quando comparados à captação e drenagem e para estes dois últimos foram observados 9 registros abaixo de 3 mg/L com valor mínimo atingindo 1,42 mg/L. Ainda de acordo com os dados analisados, este parâmetro tende a diminuir, significativamente, ao longo do ciclo de cultivo, apresentado médias mais baixas no tempo de cultivo igual a 57 dias (crítico).

Para todos os pontos de coleta o pH manteve-se perto da neutralidade ao longo do ciclo de cultivo, exceto no DR-3 (Figura 3c).

A salinidade apresentou uma grande amplitude com valores extremos de 5 ‰ e 21 ‰, sendo os pontos de captação os responsáveis por tais flutuações e nos viveiros encontrou-se maior estabilidade com média de 13 ‰ (Figura 3d).

Apesar de não mostrar diferença significativa entre os pontos de coleta a mensuração da transparência registra valores mais altos nos pontos de captação (0,36 m), seguidos dos viveiros (0,25 m) e por último os de drenagem (0,18 m), relatando ainda que esta aumenta significativamente a partir dos 57 dias de cultivo (Figura 3e).

De acordo com a Figura 3f, as maiores concentrações de SS na água registrada para todos os pontos ocorram no momento da despesca (112 dias), que em média registra valores 2x maiores que os encontrados na captação, apontando uma relação inversa com as medidas de transparência relatadas. Observando-se, ainda, incremento significativo quando confrontamos a média do tempo inicial (0 dias) e demais tempos de cultivo.

O comportamento das concentrações de *cla* (Figura 3g) e feofitina (Figura 3h) foi bastante semelhante quanto à distribuição espacial e variação temporal, pois, ambas tiveram seus maiores registros dentro dos viveiros de cultivo e aumento significativo desde o início do cultivo (0 dias) até o 57º dia (período crítico). Porém, os valores absolutos de feofitina foram muito superiores aos registrados para *cla*, tendo ambos decaído na amostragem de 90 dias e incrementado na despesca (112 dias).

Nos pontos de captação os valores de P_D foram, significativamente, mais baixos que os encontrados nos viveiros de cultivo e, apesar de não significativo, os valores drenados (efluentes) foram menores que dos viveiros; porém, maiores que os da captação (Figura 3i). As maiores concentrações de P_D foram registradas nos 57 dias de cultivo e coincidiram com os altos valores de *cla* e feofitina.

O NT, representado na Figura 3j, também registrou maiores concentrações dentro dos viveiros e os valores drenados quase sempre foram superiores aos encontrados na captação, contudo não foi demonstrada diferença significativa.

Quatro parâmetros de caracterização foram analisados para os sedimentos da Fazenda Yakult (Figura 4), entre eles a MO_s que registrou os maiores percentuais dentro dos viveiros de cultivo, tendo valores iniciais elevados quando comparados aos demais pontos de coleta (Figura 4a). Os viveiros e pontos de drenagem foram responsáveis pelos maiores acúmulos de material, tendo o final do cultivo (112 dias) os maiores valores médios, visualizando que o meio é enriquecido com a MO_s proveniente dos viveiros de cultivo.

As concentrações de feopigmento demonstraram um incremento não significativo ao longo do tempo; porém, os valores registrados no início do ciclo (0 dias) foram 1,5x menor que os encontrados na despesca final (112 dias); sendo importante notar que um dos picos desse parâmetro deu-se aos 90 dias de

cultivo (Figura 4b), seja, subsequente ao pico registrado para feofitina na água (57 dias), porém, atingiu maior valor na coleta final referente aos 112 dias de cultivo.

Os valores de NT_s (Figura 4c) para os pontos de coleta amostrados foram bastante baixos, quando comparadas aos valores registrados para água e mantiveram-se estabilizados ao longo do cultivo não apresentando diferença significativa.

O P_{DS} apresentou concentrações mais altas dentro dos viveiros que nos demais pontos e, apesar dos valores registrados para drenagem terem sido mais altos que os da captação sua média foi 2x menor que a registrada para os viveiros, mostrando que há acúmulo deste nutriente nos sedimentos dos viveiros e incremento para o meio ambiente receptor (Figura 4d).

3.2. Fazenda Costa Azul – Laguna/SC

Para a Fazenda Costa Azul a variação temporal dos parâmetros analisados, para todos os pontos de coleta, está representada na Figura 5.

A temperatura não apresentou diferença significativa entre os pontos de coleta e sim ao longo do período amostral com tendência a diminuição, com amplitude de 23,4°C a 29,2°C (Figura 5a).

Apenas dois valores de OD abaixo de 3 mg/L foram registrados para o período amostral e ambos encontravam-se fora dos viveiros de cultivo, ressaltando que todas as coletas registraram valores acima de 6 mg/L no ponto de drenagem, exceto a amostragem com 20 dias de cultivo (Figura 5b).

Os pontos de coleta apresentaram o pH da água numa faixa de 7,5 com mínimo de 6,12 e máximo de 8,59 (Figura 5c), variando significativamente ao longo do ciclo de cultivo com um aumento em 44 dias e voltando ao patamar de neutralidade em seguida.

O valor médio da salinidade foi 10 ‰, com extremos de 5 ‰ e 15 ‰ (Figura 5d), sendo esta variação atribuída ao corpo d'água de captação.

Na Figura 5e podemos ver que no 20º dia de cultivo os registros de transparência foram os mais altos, exceto para o ponto de drenagem e ao longo do tempo este parâmetro foi diminuindo de forma não significativa. O ponto de drenagem obteve os menores valores de transparência, sendo diferente, significativamente, dos demais, com exceção do viveiro 4 (V4) que também apresentou valores bastante baixos a partir dos 44 dias de cultivo.

Os valores de SS demonstram que existe um incremento destes ao longo do ciclo de cultivo e que os valores registrados na captação são 2x menor que os encontrados nos viveiros e 3x menor que na drenagem (Figura 5f). As maiores concentrações de SS foram identificadas no viveiro 3 (V3) e na drenagem (DR) no momento da despesca (101 dias).

As concentrações de *cla* encontradas nos pontos de captação foram em média 3,7x menor que nos viveiros de cultivo e 4,2x menor que os valores de drenagem; registrando-se um pico dentro dos viveiros em 72 dias de cultivo (Figura 5g).

O comportamento da feofitina para os pontos de coleta e ao longo do tempo foi semelhante ao da *cla* e também registrou pico no tempo de 72 dias de cultivo, porém em valores absolutos a feofitina obteve maiores concentrações (Figura 5h). Para este parâmetro observou-se diferença significativa entre o início (20 dias) e fim do ciclo de cultivo (101 dias) com aumento de 273x nestas concentrações, sendo ainda a drenagem em média 3,4x maior que os valores de captação.

Os valores de P_D não apresentaram diferença significativa entre os pontos de coleta e tempo de cultivo, contudo estes foram bastante altos dentro dos tanques de cultivo e na drenagem em relação às concentrações registradas na captação, em média 8,7x e 7,5x maiores, respectivamente, destacando os maiores valores de P_D no tempo de 72 dias (Figura 5i), coincidindo com os picos de *cla* e feofitina, relação também encontrada para Fazenda Yakult.

Para o NT (Figura 5j) podemos verificar que as maiores concentrações encontraram-se na drenagem e quase que na totalidade das coletas superou os pontos de captação, estando o pico para este parâmetro associado ao período de despesca (101 dias).

Nos sedimentos podemos observar quanto à MO_5 que não houve um padrão de acumulação e os valores registrados foram bastante baixos (Figura 6a), registrando valores médios de 0,72% na captação, 0,42% nos viveiros e 0,96% na drenagem (valor elevado por registro inicial de 2,8%, já os demais não ultrapassaram 0,45%).

As concentrações de feopigmento registraram maiores valores em 44 dias de cultivo, destacando-se devido ao incremento nos viveiros que com exceção deste período mantiveram concentrações inferiores as da captação, tendo também a drenagem apresentado concentrações inferiores aos pontos de captação, exceto no 20º dia de cultivo (Figura 6b).

A Figura 6c reporta baixos valores de NT_5 para os viveiros de cultivo e drenagem, mantendo os patamares ao longo do tempo, sendo os valores de captação mais altos. Comparando os valores NT

encontrados na água, os sedimentos apresentam concentrações baixas sugerindo que este não tende a acumular.

O P_{DS} apresentou uma tendência de acumulação dentro dos viveiros a partir de 44 dias de cultivo e continuou baixo nos demais pontos de coleta, destacando a drenagem com menores valores ao longo do ciclo (Figura 6d). As médias de P_{DS} dos viveiros foram significativamente diferentes das demais, sendo 2x maior que os valores de captação e 3x maior que os de drenagem.

4. Discussão

Para os viveiros acompanhados na Fazenda Yakult considerou-se a sobrevivência média baixa (52,5%) e a taxa de conversão alimentar (TCA) um pouco elevada (1,58:1) quando comparadas a outros cultivos do *Litopenaeus vannamei* (Cavalcanti, *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2000; Maia *et al.*, 2000; Ostrensky *et al.*, 2000; Oliveira, 2001) e ao ciclo em período similar, no ano anterior, da própria fazenda (Schveitzer, 2001). Apesar de terem utilizado uma maior densidade (35 camarões/m²) no ciclo em questão, os resultados de produtividade foram iguais aos descritos por Schveitzer (2001) quando se utilizou densidade de 30 camarões/m², o que nos remete a pensar que para as técnicas de manejo empregadas não foram apropriadas para esta densidade de cultivo.

O fato da TCA ter sido alta na fazenda Yakult pode estar relacionado à baixa qualidade nutricional da ração, ineficiência na incorporação de nutrientes pelos organismos, nutrientes indisponíveis e/ou em baixa quantidade para o requerimento dos ambientes de cultivo, principalmente o N que é um dos componentes básicos da biomassa e junto com o P atuam como fator limitante na produção primária (Esteves, 1998) ou o alimento natural não ter sido disponibilizado em concentrações adequadas para os camarões já que este tem importância fundamental na sua dieta (Schveitzer, 2001).

Na Fazenda Costa Azul os valores médios de sobrevivência, produtividade e TCA estiveram dentro dos resultados encontrados para cultivos do camarão branco (Cavalcanti, *et al.*, 2000; Costa, *et al.*, 2000; Maia *et al.*, 2000; Ostrensky *et al.*, 2000; Oliveira, 2001; Schveitzer, 2001).

As taxas de renovação de água empregadas para as duas fazendas acompanhadas, sem dúvida, foram o diferencial entre a eficiência do manejo adotado, já que a rotina de trocas de água é um exemplo de ineficiência na administração do cultivo (Boyd, 1998a), pois, as renovações introduzem águas de características diferentes (iguais aos corpos de captação) aos parâmetros encontrados dentro dos viveiros, exigindo que o meio estabilize as variações impostas (principalmente temperatura, pH, OD e salinidade), além de eliminar nutrientes importantes para o sistema.

A taxa de renovação igual a zero utilizada nos viveiros da Fazenda Yakult até o 40º dia de cultivo é indicada para minimizar o impacto gerado pelos efluentes ao meio receptor (Maia, 1998; Boyd, 2000) e a intenção inicial era continuar sem troca até o fim do cultivo; mas, após este período foi admitida uma taxa de 3% devido a problemas com as concentrações de *cla*, SS e OD. Já para Fazenda Costa Azul, mesmo utilizando taxas de renovação entre 10 e 15%, observou-se concentrações médias de *cla* mais altas que na Yakult dentro dos viveiros e na drenagem, provavelmente, devido à maior quantidade de fertilizantes utilizados e desperdiçados para o meio receptor.

As correções do solo (para corrigir a alcalinidade relativa da água, sedimentar sólidos em suspensão e desinfetar o fundo) e fertilizações da água (para estimular a produção primária) utilizadas pelas fazendas encontram-se de acordo com o manejo indicado para os cultivo semi-intensivos de camarão marinho (Boyd, 1990, 1995 e 1998a; Rocha e Maia, 1998), tendo as fertilizações eficiência comprovada ao longo do cultivo pelas concentrações crescentes de *cla* após sua utilização. Quanto às correções, apesar de não ter sido acompanhado o pH do solo durante o cultivo, acredita-se que foram ineficientes, estando o pH antes e depois do cultivo em patamares ácidos para Fazenda Yakul (4~5) e ligeiramente ácidos para Fazenda Costa Azul (6,5~7), atribuindo-se o ocorrido a inexistência do intervalo de 2~3 semanas para secagem dos sedimentos, incorporação do CaCO₃, queima da matéria orgânica acumulada e processos de nitrificação e mineralização do nitrogênio antes do enchimento dos viveiros, relatado por Hargreaves (1998) e Boyd (1995) como fundamental para o bom andamento do cultivo.

Para as duas fazendas estudadas as variações de salinidade e OD, dentro dos viveiros estiveram de acordo com as faixas recomendadas (Rocha e Maia, 1998), mas a temperatura e o pH encontraram-se abaixo do indicado, contudo, mantiveram valores considerados adequados para os cultivos no Estado (Costa *et al.*, 2000). Os valores de OD na água de drenagem (efluentes) da Fazenda Yakult estiveram abaixo da faixa recomendada pelo CONAMA nº 20 para águas de Classe 7, que rege valores de devolução superiores a 5 mg/L de O₂ (MMA, 2001); desta maneira seria necessário um tratamento que incrementasse os níveis deste parâmetro. Porém, dentro dos viveiros os valores de OD foram maiores estando relacionados, principalmente, à incorporação deste através da aeração mecânica por cerca de 10 h durante a noite (período crítico), sendo os fatores responsáveis por este déficit a respiração, ausência da fotossíntese, consumo da MO_s e concentrações de SS (Esteves, 1998).

A transparência é um parâmetro que se encontra relacionado, de maneira inversamente proporcional, às concentrações de *cla* e SS na água (Esteves, 1998; Jamu *et al.*, 1999); para os produtores de camarão esta medida indica a produtividade primária dentro do viveiro que deve pontuar 0,20 m e acima deste valor, o meio de cultivo pode vir a ser fertilizado (Boyd, 1998b). Segundo este valor, os tanques de produção de ambas as fazendas encontravam-se abaixo do indicado, justificando dessa maneira o emprego de

fertilizantes para incrementar a produtividade primária e, conseqüentemente, as concentrações de *chl a* e transparência.

As alterações na transparência dos pontos de drenagem e no período referentes à despesca foram bastante marcantes e nos remete a associá-las, principalmente, aos registros de SS que foram expressivamente altos e que se encontram relacionados aos “inputs” por meio das chuvas, ventos, ração e adubação. Tovar *et al.* (2000) e Trott e Alongi (2000) relatam valores de SS menores em áreas de captação de água e valores altos referentes aos efluentes, acarretando em incremento ao meio receptor. As altas concentrações encontradas dentro dos viveiros da Fazenda Yakult no momento da despesca são semelhantes aos valores reportados para efluentes de fazendas de camarão (Boyd, 2000), tendo a Fazenda Costa Azul apresentado valores um pouco inferiores, enquadrando-se na faixa relatada por Páez-Osuna *et al.* (1997) e ambas descumprem a resolução CONAMA nº 20 que proíbe a devolução de águas com substâncias que produzam turbidez. Portanto, faz-se necessário um tratamento que reduza a turbidez, seja por bacias de sedimentação, tratamentos por floculação, uso de plantas aquáticas e/ou animais filtradores para retenção desse material, etc.

Os valores médios de *chl a* para as fazendas Yakult (0,182 µg/L) e Costa Azul (0,685 µg/L) foram baixos, quando comparados a outros cultivos e mesmo ao ciclo de período similar na Fazenda Yakult (Páez-Osuna *et al.*, 1997; Hargreaves, 1998; Jones *et al.*, 2001; Schweitzer, 2001; Torigoi, 2001); porém, altas quando comparadas às águas de captação, estando relacionado aos “inputs” de nutrientes por meio da ração e adubações utilizadas nos viveiros. Segundo Trott e Alongi (2000), as maiores concentrações de *chl a* nos efluentes estão associadas a períodos de maior biomassa cultivada, despesca e renovação e nos viveiros devido às fertilizações (Boyd, 1990). Torigoi (2001) estudando um ciclo de cultivo do *L. vannamei*, na fazenda Yakult, encontrou índices de *chl a* elevados no final do cultivo e valores significativamente mais altos nos efluentes finais gerados. O fato dos valores de *chl a* nos corpos d’água que abastecem as fazendas terem sido os menores registrados entre os pontos de amostragem, deve estar relacionado aos registros de altas concentrações de SS, baixos valores de P_D , precipitação média mensal (100 mm) e insolação mensal (55%) e de acordo com Esteves (1998), os valores reportados para estas áreas (0,001~3,31 µg/L) caracterizam-nas como ambientes oligotróficos (300~3000 µg/L).

Os altos valores registrados para feofitina na coluna d’água indicam que a biomassa fitoplactônica coletada encontrava-se na sua fase de declínio (morte), deixando de assimilar para perder nutrientes (Larcher, 1977), justificando as baixas notificações de concentrações de *chl a* e os mais altos valores de P_D no mesmo período de pico para esta variável, na Fazenda Yakult (57 dias) e na Fazenda Costa Azul (72 dias).

O P é o principal fator limitante da produtividade e também responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas aquáticos, sendo suas formas disponíveis, rapidamente, assimiladas pelo ambiente justificando as baixas concentrações encontradas (Esteves, 1998). Segundo Baumgarten *et al.* (1996), os valores de P_D nas águas salobras são de 0,037 mg/L, mostrando que os meios de captação das fazendas encontram-se com médias inferiores a estes valores (0~0,018 mg/L); porém, dentro dos viveiros estas concentrações foram 6x mais altas para Fazenda Yakult e 9x para Costa Azul, superando os valores reportados para cultivos semi-intensivos do *L. vannamei* (Jones *et al.*, 2001; Oliveira, 2001 e Páez-Osuna *et al.* 1997). Podemos atribuir estes incrementos a administração de alimento artificial e fertilizações com STP, sendo as concentrações de STP 1,8x mais altas na Fazenda Costa Azul, assim, justificando o maior aumento para os seus viveiros, quando comparados com os da Fazenda Yakult.

Os valores de P_D observados nos pontos de drenagem das fazendas estudadas foram de 1~2 x menores que os registrados nos viveiros e conduze-nos a pensar que este seria utilizado para incremento da produtividade, que de acordo com os dados de *cla* não parecem confirmar esta hipótese, ou ficariam retidos no sistema de cultivo. Apesar de haver uma retenção de P_D nos viveiros, as águas dos efluentes demonstram incrementos bastante elevados para Fazenda Yakult (2,6x) e Costa Azul (7,8x), ultrapassando os valores relatados por Trott e Alongi (2000) que registram incrementos de até 2x nas concentrações de P_D , para os estuários adjacentes, após a liberação de efluentes de cultivos intensivos do camarão *Penaeus monodon*.

O NT representa as formas orgânicas e inorgânicas do N encontrando-se em maior quantidade nas água que o fósforo, sendo também um fator limitante para a produção primária quando em baixas concentrações (Esteves, 1998). Ainda de acordo com o autor anteriormente citado, as águas para Fazenda Yakult (média NT (mg/L): CAP = 0,213, V = 0,515 e DR = 0,72) e Costa Azul (média NT (mg/L): CAP = 0,365, V = 0,302 e DR = 0,817) classificam-se quanto à concentrações de N como mesotróficas (0,1~0,7 mg/L) para captação e para os viveiros e drenagem como eutróficas (0,5~1,33 mg/L). Jones *et al.*, 2001 relatam valores de NT para efluentes da carcinicultura entre 6~9 mg/L, onde não utilizou-se bandejas de alimentação, o que mais uma vez nos remete a considerar a importância do manejo empregado para minimizar impactos.

Páez-Osuna *et al.* (1999) descrevem o fluxo de massa do N em sistemas de cultivo semi-intensivos de *L. vannamei* e estimam os ganhos por alimento artificial (55,9%), água de captação (24,6%), fertilização (19,5%) e biomassa de camarões (<0,1%) e perdas através da volatilização da amônia (65,7%), biomassa de camarões (22,7%), efluentes (11,2%), biomassa da macrofauna associada (0,4%) e a acumulação nos sedimentos não foi determinada.

As altas concentrações de NT dentro dos viveiros de cultivo, em ambas as fazendas estão associadas à contribuições das águas naturais, chuvas, adubações com uréia e, principalmente, administração de ração, sendo a última confirmada pela elevada TCA e aumento nos valores de NT ao longo do tempo de cultivo, onde também se incrementam as taxas de arraçoamento. Devido às taxas de renovação de água mais baixas da Fazenda Yakult, os valores de NT dentro dos viveiros permaneceram mais altos, maximizando seu aproveitamento no meio; já a Fazenda Costa Azul investiu em maiores valores de adubação e perdeu este nutriente por meio da liberação nos efluentes e as concentrações nos viveiros foram menores que as registradas na outra fazenda monitorada. Contudo, notou-se ineficiência nas adubações para injeção de N para produção primária, em ambas as fazendas, já que os dados de *cla* foram baixos.

De acordo com Smith (1996), Boyd (1995 e 1998b) e Ritvo *et al.* (1999), os valores de MO_S registrados para Fazenda Costa Azul foram baixos, porém para a Fazenda Yakult estas concentrações apresentaram-se altas, principalmente, dentro dos viveiros de cultivo, estando os resultados relacionados ao manejo dos sedimentos empregado, características da bacia sedimentar e do solo, tendo a primeira fazenda solo arenoso e a segunda solo argiloso. O acúmulo de MO_S identificado para Fazenda Yakult, provavelmente, está ligado ao “input” de alimento artificial, excrementos, material orgânico particulado depositado (morte do fito), lixiviação, baixos índices de oxigenação e manejo inadequado dos sedimentos já que a queima de MO_S por secagem do viveiro não foi realizada (Boyd, 1995 e Hargreaves, 1998). Um manejo bastante recomendado, para reduzir estes índices dentro dos viveiros durante o cultivo, é controlar melhor os “inputs” e incrementar a oxigenação para que a MO seja consumida.

O feopigmento é um produto da degradação da *cla* (Esteves, 1998), resultante da decantação da feofitina e é um contribuinte para o aumento da MO_S (Porto-Filho, 1993). Este parâmetro apresentou concentrações elevadas para as duas fazendas, com maiores valores médios no tempo de 44 dias para Fazenda Costa (28,86 $\mu\text{g/L}$), sendo este subsequente as fertilizações, o que sugere ter havido um “bloom” em momento, imediatamente, anterior seguido de morte do fito e 57 dias para Yakult (36,08 $\mu\text{g/L}$), coincidindo com o pico de *cla*, ou seja, o momento de estabilização e declínio da comunidade fitoplanctônica e que continuou aumentando ao longo do cultivo com valor máximo alcançado nos 112 dias, mostrando que o sedimento o compartimento não foi capaz de consumir o material orgânico particulado depositado.

Os resultados do P_{DS} para Fazenda Yakult (médias de P_{DS} (ppm): CAP = 1,1; V = 2,8 e DR = 1,3) e Costa Azul (médias de P_{DS} (ppm): CAP = 0,8; V = 1,6 e DR = 0,5) demonstram menores concentrações nos sedimentos coletados na captação e os valores dos viveiros superiores aos das drenagens, corroborando com a hipótese de acúmulo nos sedimentos. De acordo com Páez-Osuna *et al.* (1999) e Teichert-Coddington *et al.* (2000), as maiores fontes de fósforo para o sistema de cultivo são o alimento artificial (47~50%) e as maiores perdas se dão pelo acúmulo nos sedimentos (47%) e pelos efluentes (42~56%).

Como maiores contribuintes de P_{DS} nos ambiente de cultivo identificamos as fertilizações e o alimento artificial, tendo como indícios o aumento nestes valores subseqüentes a adubação e o aumento das concentrações nos sedimentos ao longo do tempo de cultivo. Aponta-se quatro fatores que contribuem para a precipitação do P: a) concentrações de OD altas, devido à aeração mecânica, e presença de ferro fazem com que o P precipite devido a formação do hidróxido de ferro hidratado que pode absorver espécies de fosfato; b) pela precipitação do fitoplâncton, comprovada nas concentrações de feopigmento, c) argilas presentes nos SS e MO_s ocorrendo o fenômeno de adsorção do P_D , justificando os valores mais altos de acumulo para fazenda Yakult por conta das suas características de solo argiloso e d) presença de Ca^{++} e pH elevado, permitindo a formação de fosfato de cálcio que precipita, tendo ambas as fazendas estes dois fatores em potencial já que se adiciona $CaCO_3$ na água e solo para corrigir e/ou aumentar a alcalinidade relativa e manter o pH em valores indicados para cultivo de 8~9 (Boyd, 1990; Esteves, 1998).

As concentrações de NT_s encontradas foram inferiores às registradas na coluna d'água, demonstrando comportamento inverso ao P_D e estando de acordo com os trabalhos descritos por Páez-Osuna *et al.* (1999) e Teichert-Coddington *et al.* (2000). Os maiores valores de NT reportados para os sedimentos dentro de viveiros encontram-se entre 1,28~2,27 ppm (Smith, 1996); para ambas as fazendas os registros foram bastante inferiores (0,018~0,264) aos relatados e não foi observada tendência de acumulo nos sistemas de cultivo. Dessa forma, verificamos que a grande parte do NT encontra-se disponibilizada na coluna d'água, devido à fixação pelo fitoplâncton e bactérias que possuem importante papel na ciclagem do N (Esteves, 1998).

A análise do ponto de vista do tempo de cultivo demonstram que o ambiente de confinamento assume um comportamento de sucessão ecológica, desde o enchimento dos viveiros, introdução dos organismos cultivados e desenvolvimento das comunidades até o clímax, com alterações nas comunidades e modificações físico-químicas locais (Odum, 1988). Estes processos encontram-se acelerados devido ao manejo empregado e apresentaram ponto crítico de alterações (clímax) no tempo de 57 dias para Fazenda Yakult e 72 para Fazenda Costa Azul, onde a biomassa de camarões encontrava-se elevada e os itens de alimento natural decresciam, não sendo capaz de manter o requerimento do animal (Schweitzer, 2001). Nestes períodos os efeitos refletiram-se nos valores dos principais parâmetros de cultivo, com diminuição do pH, OD e transparência e aumento na cl_a , feofitina e P_D , fazendo-se necessárias intervenções de manejo com taxas de renovação mais arrojadas.

5. Conclusões

Os sistemas de cultivo semi-intensivos do camarão *Litopenaeus vannamei*, nos municípios de Barra do Sul/SC e Laguna/SC, incrementam as águas e os sedimentos dos ecossistemas costeiros receptores com sólidos suspensos, clorofila *a*, feofitina, matéria orgânica, feopigmento, fósforo disponível e nitrogênio total.

A análise dos sedimentos foi de fundamental importância para avaliar as alterações que ocorrem nos ecossistemas naturais e no meio de cultivo, principalmente para compreensão do comportamento do fósforo disponível, clorofila *a* e sólidos suspensos.

As áreas de adução de água para enchimento e renovação dos viveiros são ambientes pobres em nutrientes (N e P) e produção primária (*cl_a*), desta forma sendo pouco apropriados para as exigências do cultivo e necessitando de maior manejo de fertilizações.

A Fazenda Yakult, apesar de ter apresentado menores taxas de sobrevivência, obteve melhor desempenho quanto à minimização de “inputs” ao meio receptor, estando este fato atribuído ao manejo empregado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Camarões Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Sr. Adilho M. Costa por permitirem a realização do experimento em seus estabelecimentos e ao Laboratório de Solos da UFSC onde foram realizadas todas as análises laboratoriais. A CAPES, por meio do Depto. de Aqüicultura da UFSC, e a pessoa física representada por Alfredo Cavalcante Fraga Filho pela viabilização financeira do trabalho.

Referência Bibliográfica

- ABCC., 2001. Termos de compromisso e código de conduta e de práticas de manejo para o desenvolvimento de uma carcinicultura ambiental e socialmente responsável. **Mensagem recebida por: <abccam@uol.com.br> em: 30/Janeiro/2001.**
- Barraclough, S. L. e Finger-Stich, A., 2001. IV – Environmental and social impacts: conflicts and “externalities”. In: **Some ecological and social implications of commercial shrimp farming in Asia**. Disponível: <<http://www.unrisd.org/engindex/publ/list/dp/dp74/shenv.htm>> em 08/Set./2001.
- Baumgarten, M. da G. Z.; Rocha, J. M. de Barros e Niencheski, L. F. H., 1996. **Manual de análises em oceanografia química**. Rio Grande: Ed. FURG. 132 p.
- Boyd, C. E., 1990. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn. Ed. Auburn University. 481 p.
- Boyd, C. E., 1995. **Bottom soils, sediment and pond aquaculture**. New York. Ed. Chapman e Hall. 348 p.
- Boyd, C. E., 1998a. Water and bottom soil quality management in freshwater aquaculture ponds. In: AQUACULTURA BRASIL’98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 1, p. 303-312.
- Boyd, C. E., 1998b. Shrimp pond management techniques for maintaining acceptable bottom soil and water quality. In: AQUACULTURA BRASIL’98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 1, p. 115-145.
- Boyd, C. E., 2000. Efluentes de fazendas de camarão durante a drenagem para despesca. **Revista ABCC**. Ano 2, n. 3. pp. 40-41.
- Cavalcanti, L. B.; Medeiros, F. L.; Costa, M. L. S.; Castro, P. F. e Correia, E. S., 2000. Avaliação de cultivos do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* em dois viveiros da Aquamaris Aquacultura S. A., no período de 1996 a 1999. In: Aqüicultura Brasil 2000: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11; Encontro Sulbrasileiro de Aqüicultura, 4; Encontro Catarinense de Aqüicultura, 5; Festival Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana – FENAOSTRA, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 2000. CD-ROM.

- Costa, S. W. Seiffert, W., Trevisan, I., Zamparetti, A. S., Westphal, S. e Souza, J. G. 2000. Resultados técnico-econômicos do cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* no Estado de Santa Catarina - Brasil. In: Aqüicultura Brasil 2000: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11; Encontro Sulbrasileiro de Aqüicultura, 4; Encontro Catarinense de Aqüicultura, 5; Festival Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana – FENAOSTRA, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 2000. CD-ROM.
- DPA/MA., 2001. Departamento de Pesca e Aqüicultura/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plataforma Tecnológica do Camarão Marinho Cultivado**. Brasília. 276 p.
- Esteves, F. A., 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: 2ª Ed. Interciência-FINEP. 602 p.
- Hargreaves, J. A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 166. p. 181-212.
- INMET., 2001. Instituto Nacional de Meteorologia: Dados meteorológicos. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/>> em 16/Junho/2001.
- Instituto CEPA/SC., 2001. Desempenho da pesca e aqüicultura. In: **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2000-2001**. Florianópolis: Secretária do Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. p. 140-156.
- Jamu, D. M.; Lu, Z. e Piedrahita, R. H., 1999. Relationship between secchi disk visibility and chlorophyll *a* in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 170. p. 205-214.
- Jeffrey, S. W. e Humphrey, G. F. New spectrophotometry equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*₁ and *c*₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. **Biochem. Physiol.**, v. 167, p. 191-194.
- Jones, A. B.; Dennison, W. C. e Preston, N. P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal adsorption: a laboratory scale study. **Aquaculture**, v. 193. p. 155-178.
- Jory, D. E. e Dugger, D. M., 2000. Manejo preventivo de doenças de camarão peneideos: biomodulação da resposta não específica de imunidade com beta 1,3-D glucan. **Revista ABCC**. Ano 2, n. 1. p. 46-52.
- Larcher, W., 1977. **Ecologia vegetal**. Barcelona. Ediciones Omega. 305 p.

- Maia, E. P., 1998. Recentes avanços da carcinicultura brasileira. In: **Contribuições ao desenvolvimento da aquicultura, em especial, a carcinicultura marinha do Brasil**. MCR: João Pessoa. p. 21-38.
- Maia, E. P.; Bologna, A. S.; Aragão, M. L. e Oliveira, A. 2000. Estudo preliminar sobre o cultivo super-intensivo de *Litopenaeus vannamei*. In: Aqüicultura Brasil 2000: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11; Encontro Sulbrasileiro de Aqüicultura, 4; Encontro Catarinense de Aqüicultura, 5; Festival Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana – FENAOSTRA, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 2000. CD-ROM.
- MMA. 2001. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de julho de 1986 – publicado no D. O. U. de 30/07/86. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> em 29/Nov./2001.
- Odum, E. P., 1988. Ecologia. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara S. A. 434 p.
- Oliveira, A., 2001. Os moluscos bivalves e a biorremediação dos impactos da carcinicultura. **Panorama da Aqüicultura**. v. 11, n. 65. p. 37-39.
- Ostrensky, A.; Borges, R. B. e Alessi, F. 2000. Relação entre índices zootécnicos obtidos e as variáveis hídricas monitoradas em viveiros comerciais de cultivo de *Litopenaeus vannamei* no Estado do Paraná, Brasil. In: Aqüicultura Brasil 2000: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11; Encontro Sulbrasileiro de Aqüicultura, 4; Encontro Catarinense de Aqüicultura, 5; Festival Nacional da Ostra e da Cultura Açoriana – FENAOSTRA, 2. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: ABRAq, 2000. CD-ROM.
- Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S. R.; Ruiz-Fernández, A. C. e Espinoza-Angulo, R., 1997. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 34, n. 5. p. 290-297.
- Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S. R. e Ruiz-Fernández, A. C. 1999. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 7. p. 585-592.
- Porto-Filho, E., 1993. **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina**. Florianópolis, Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. 346 p.

- Primavera, J. H. 1998. Tropical shrimp farming its sustainability. In: **Tropical mariculture**. Academia press: London, p. 257-289.
- Ritvo, G.; Speed, M. F.; Neill, W. H.; Dixon, J. B.; Lawrence, A. L. e Samocha, T. M., 1999. Regression analysis of soil chemical composition for two shrimp farms in Texas. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, nº 1. p. 26-35.
- Rocha, I. P. e Maia, E. P., 1998. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura brasileira. In: AQUACULTURA BRASIL'98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 1, p. 213-235.
- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 1997. **Lei nº 11.426 da Política e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos – Lei nº 11.427 sobre a Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas**. Governo do Estado.
- Silva, F. C., 1999. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Ed. Ministério da Agricultura e abastecimento/EMBRAPA. 369 p.
- Schweitzer, R., 2001. **O efeito de três densidades de estocagem sobre a produtividade natural nos viveiros de cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 86 p.
- Smith, P. T., 1996. Physical and chemical characteristics of sediments from prawn farms and mangrove habitats on the Clarence River, Australia. **Aquaculture**, v. 146. p. 47-83.
- Strickland, J. D. H. e Parsons, T. R., 1972. **A practical handbook of seawater analysis**. 2 ed. Ottawa: Queen's Printer. 310 p.
- Tedesco, M. J.; Volkweiss, S. J. e Bohnen, H., 1985. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim técnico n. 5. Porto Alegre: Ed. Univ. Federal do Rio Grande do Sul. 252 p.
- Teichert-Coddington, D. R.; Martinez, D. e Ramírez, E., 2000. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. **Aquaculture**, v. 190. p. 139-154.

- Torigoi, R. H., 2001. **Avaliação do efeito de três densidades de estocagem de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) sobre os índices de produção e qualidade do efluente**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 81 p.
- Tovar, A.; Moreno, C.; Manuel-Vez, M. P. e García-Vargas, M., 2000. Environmental implications of intensive marine aquaculture in earthen ponds. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 11. p. 981-988.
- Trott, L. A. e Alongi, D. M., 2000. The impact of shrimp pond effluent on water quality and phytoplankton biomass in a tropical mangrove estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 11. p. 947-951.
- Zarain-Herzberg, M. e Ascencio-Valle, F., 2001. Taura syndrome in Mexico: follow-up study in shrimp farms of Sinaloa. **Aquaculture**, v. 193. p. 01-09.
- Wainberg, A. A. e Camara, M. R., 1998. Carcinicultura no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: AQUACULTURA BRASIL'98. **Anais...** Recife: Persona. v. 2, p. 527-544.
- Wainberg, A. A., 2000. O pesadelo dos vírus asiáticos ainda ronda a carcinicultura brasileira. **Panorama da aqüicultura**. v. 10, n. 61. p. 51-52.

Figura 1 – Localização geográfica da Fazenda Yakult (Barra do Sul) e Fazenda Costa Azul (Laguna), no Estado de Santa Catarina/Brasil.

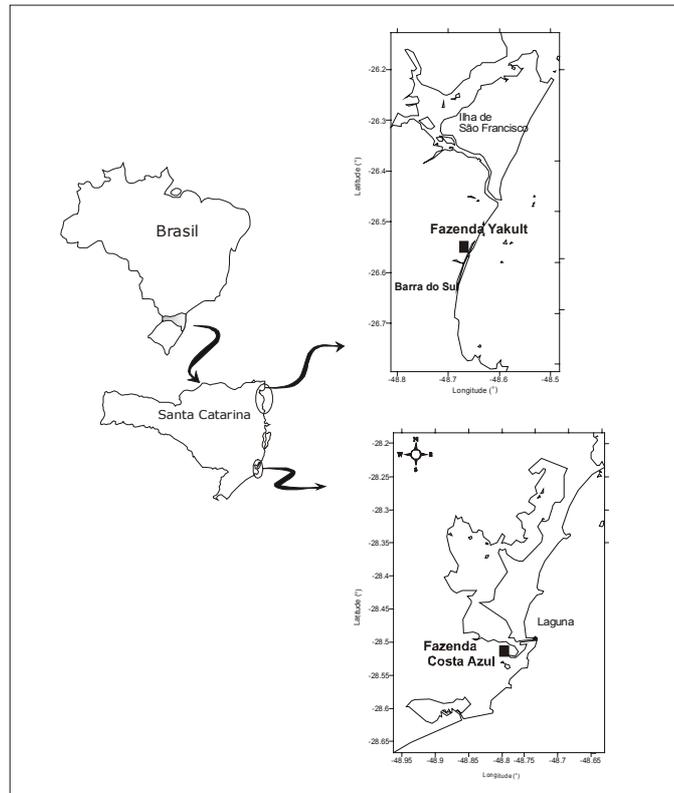


Imagem importada do programa GEBCO 97 Digital Atlas e tratada no SURFER 7.0.

Figura 2 – Desenho esquemático da Fazenda Yakult (a) e Fazenda Costa Azul (b), com indicação dos canais de abastecimento (AB) e drenagem (DR), viveiros (V) e pontos de coleta (X).

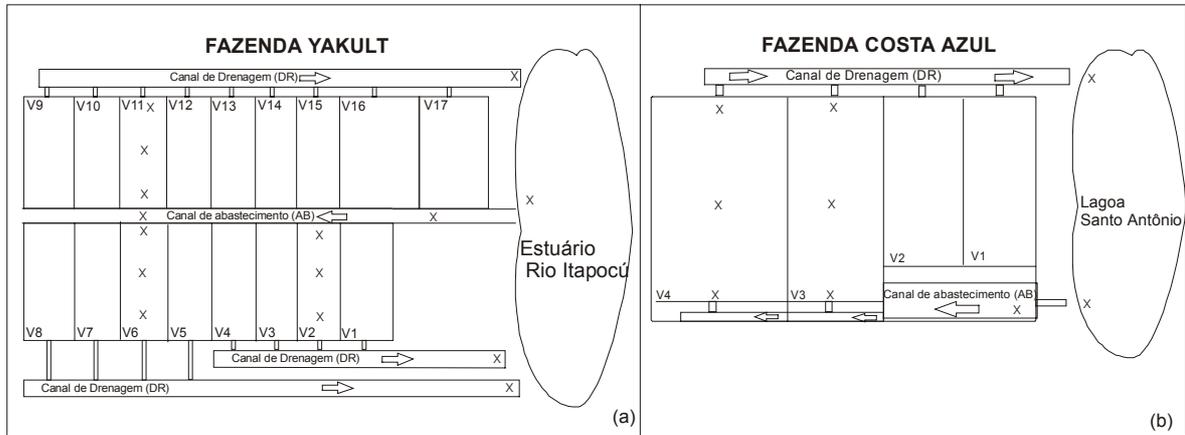


Figura 3 - Variação temporal dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados para água e efluentes na Fazenda Yakult-Barra do Sul/SC, durante um ciclo de cultivo (25/Jan./01 a 16/Mai./01).

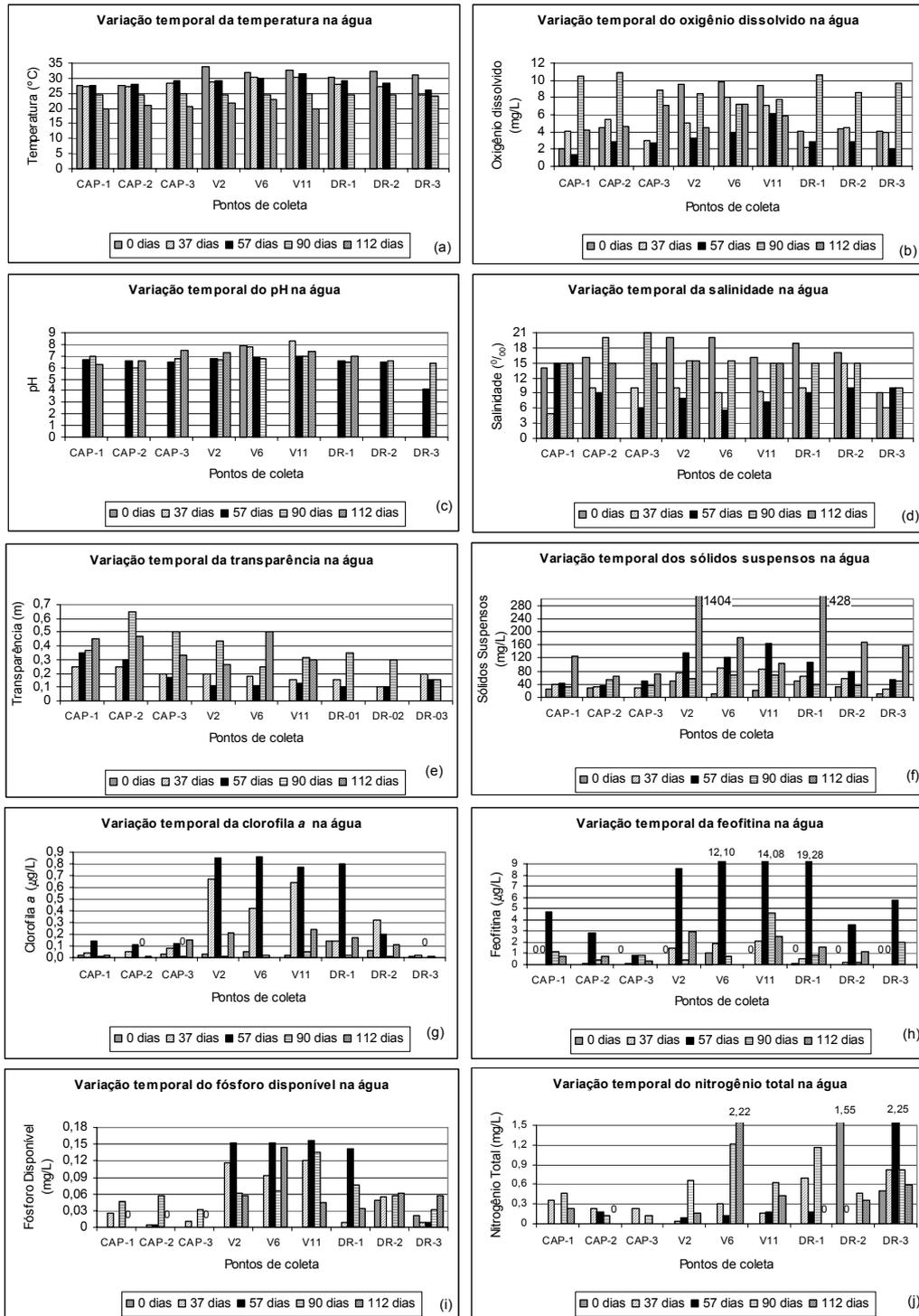


Figura 4 - Variação temporal dos parâmetros químicos e biológicos analisados para os sedimentos na Fazenda Yakult-Barra do Sul/SC, durante um ciclo de cultivo (25/Jan./01 a 16/Mai./01).

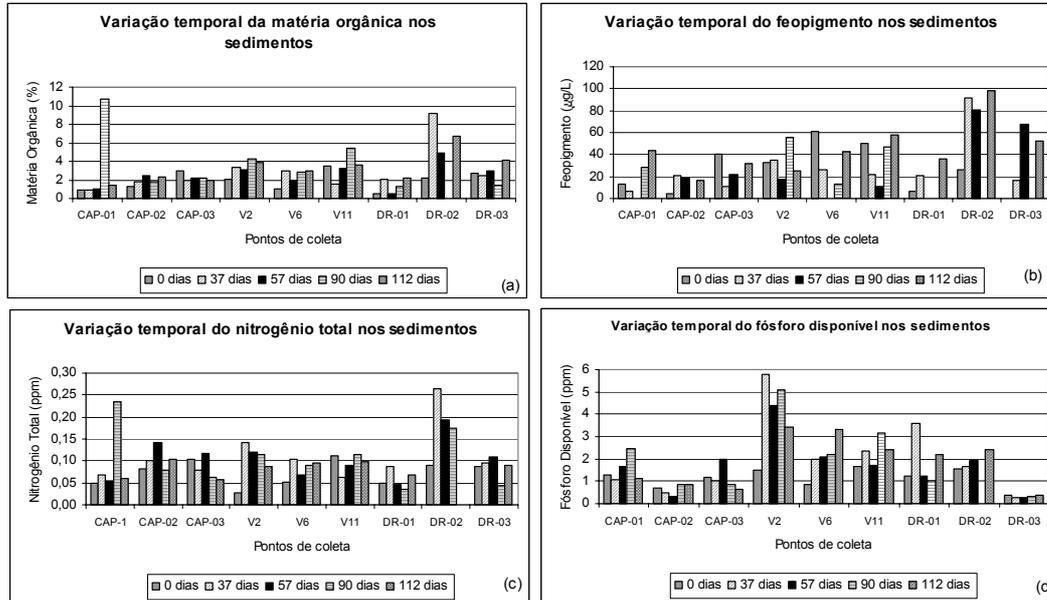


Figura 5 - Variação temporal dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados para água e efluentes na Fazenda Costa Azul-Laguna/SC, durante um ciclo de cultivo (31/Jan./01 a 10/Mai./01).

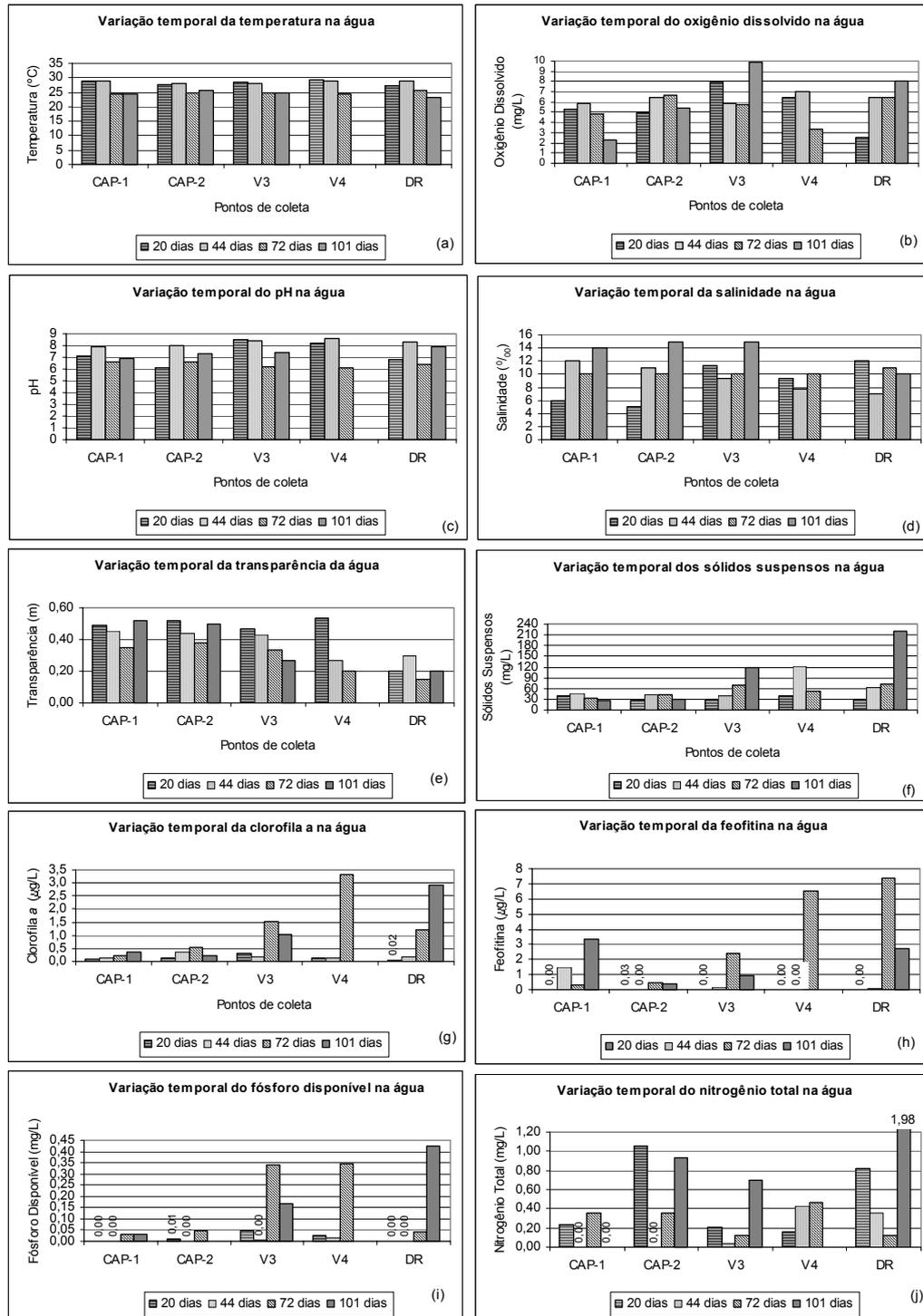


Figura 6 - Variação temporal dos parâmetros químicos e biológicos analisados para os sedimentos na Fazenda Costa Azul-Laguna/SC, durante um ciclo de cultivo (31/Jan./01 a 10/Mai./01).

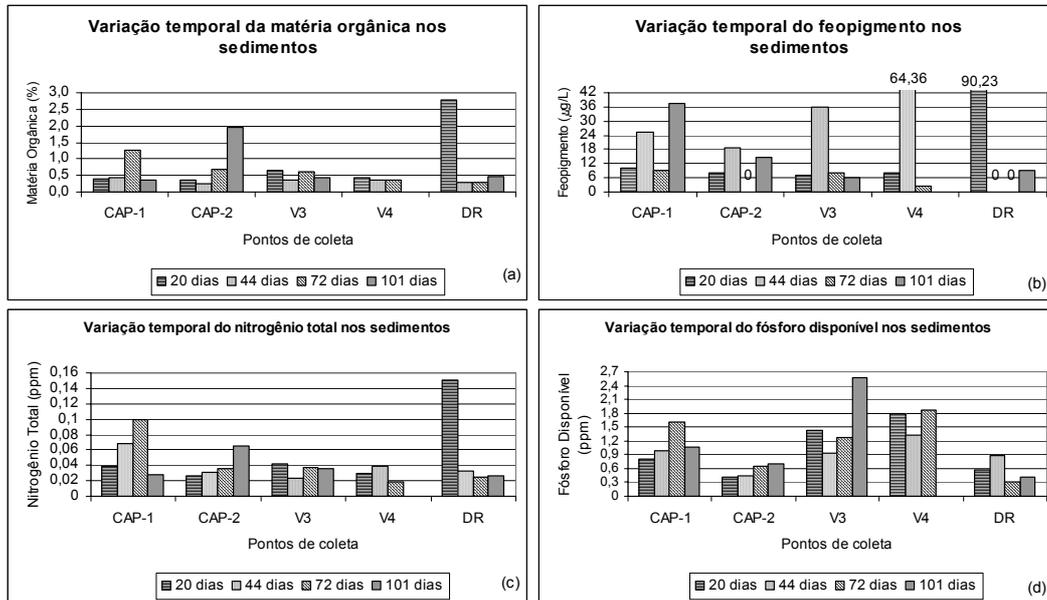


Tabela 1 – Dados sobre os ciclos de cultivo acompanhados e manejo empregado, durante um ciclo de cultivo, nas Fazendas Yakult-Barra do Sul/SC (25/Jan./01 a 16/Mai./01) e Costa Azul-Laguna/SC (31/Jan./01 a 10/Mai./01).

| Informações Gerais | Fazenda Yakult | Fazenda Costa Azul |
|---|-----------------------|---------------------------|
| Número de viveiros amostrados | 03 | 02 |
| Área dos viveiros (ha) | 1,2 ha | 2,8 ha e 4,1 ha |
| Densidade inicial (camarões/m ²) | 35 | 38,5 e 33 |
| Tempo de cultivo (dias) | 112 | 101 |
| Sobrevivência (%) | 52,5 ± 4,5 | 57,5 ± 2,1 |
| Produtividade (kg/ha) | 2.198 | 2.690 |
| Taxa de Conversão Alimentar (TCA) | 1,58:1 | 1,26:1 |
| Taxa de Renovação Diária | 3%* | 10 a 15% |
| Aplicação de CaCO ₃ (anterior ao início do ciclo de cultivo) | 1.700 kg/ha | - |
| Aplicação de cal virgem (anterior ao início do ciclo de cultivo) | - | 155 kg/ha |
| Aplicação de Super Triplo Fosfato (STP) (anterior ao início do ciclo de cultivo) | 04 kg/ha | 7,1 kg/ha |
| Aplicação de Uréia (anterior ao ciclo de cultivo) | 20 kg/ha | 21,4 kg/ha |
| Aplicação de CaCO ₃ (durante o ciclo de cultivo) | 625 kg/ha | 512 kg/ha |
| Aplicação de Super Triplo Fosfato (STP) (durante o ciclo de cultivo) | 2,5 kg/ha | 6,7 kg/ha |
| Aplicação de Uréia (durante o início do cultivo) | 5,8 kg/ha | 20,2 kg/ha |

*Utilizada após 40 dias de cultivo sem renovação.

Tabela 2 – Valores mínimos, máximos, médios, desvio padrão e resultados estatísticos (ANOVA, $P < 0,05$) para os parâmetros da água, sedimentos e efluentes analisados, durante um ciclo de cultivo, para as Fazendas Yakult-Barra do Sul/SC (25/Jan./01 a 16/Mai./01) e Costa Azul-Laguna/SC (31/Jan./01 a 10/Mai./01).

| | Fazenda Yakult | | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Valores | | Valores médios e desvio padrão | | |
| | Mínimo | Máximo | Captação | Viveiros | Drenagem |
| Temperatura (°C) | 19,8 | 33,8 | 25,6 ± 3,1 | 27,8 ± 4,3 | 27,5 ± 2,9 |
| OD (mg/L) | 1,42 | 10,95 | 5,16 ± 3,08 | 6,92 ± 2,06 | 5 ± 2,96 |
| pH | 6,0 | 8,29 | 6,64 ± 0,42 | 7,24 ± 0,55 | 6,26 ± 0,94 |
| Salinidade (‰) | 05 | 21 | 13,3 ± 4,7 | 13 ± 4,6 | 12,1 ± 3,9 |
| Transparência (m) | 0,10 | 0,65 | 0,36 ± 0,14 | 0,25 ± 0,13 | 0,18 ± 0,09 |
| SS (mg/L) | 9,64 | 428,00 | 47,27 ± 26,59 | 87,72 ± 49,47 | 90,64 ± 103,96 |
| Clorofila <i>a</i> (µg/L) | 0,0006 | 0,862 | 0,056 ± 0,053 | 0,346 ± 0,344 | 0,144 ± 0,211 |
| Feofitina (µg/L) | 0,000 | 19,280 | 0,914 ± 1,312 | 3,752 ± 4,559 | 2,513 ± 5,1 |
| P _D (mg/L) | 0,000 | 0,156 | 0,018 ± 0,021 | 0,109 ± 0,042 | 0,047 ± 0,037 |
| NT (mg/L) | 0,000 | 2,248 | 0,213 ± 0,137 | 0,515 ± 0,632 | 0,72 ± 0,635 |
| MO (%) | 0,48 | 10,76 | 2,41 ± 2,39 | 3,05 ± 1,09 | 3,08 ± 2,42 |
| Feopigmento (µg/L) | 4,208 | 98,175 | 21,31 ± 12,578 | 35,463 ± 17,047 | 49,836 ± 33,184 |
| NT _S (ppm) | 0,028 | 0,264 | 0,093 ± 0,047 | 0,092 ± 0,029 | 0,102 ± 0,065 |
| P _{DS} (ppm) | 0,291 | 5,765 | 1,098 ± 0,568 | 2,799 ± 1,394 | 1,318 ± 0,992 |

| | Fazenda Costa Azul | | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Valores | | Valores médios e desvio padrão | | |
| | Mínimo | Máximo. | Captação | Viveiros | Drenagem |
| Temperatura (°C) | 23,4 | 29,2 | 26,6 ± 1,9 | 27 ± 2,2 | 26,3 ± 2,4 |
| OD (mg/L) | 2,29 | 9,86 | 5,21 ± 1,36 | 6,58 ± 2,02 | 5,85 ± 2,38 |
| pH | 6,12 | 8,59 | 7,06 ± 0,65 | 7,63 ± 1,09 | 7,35 ± 0,93 |
| Salinidade (‰) | 05 | 15 | 10,4 ± 3,5 | 10,4 ± 2,3 | 10 ± 2,2 |
| Transparência (m) | 0,15 | 0,53 | 0,46 ± 0,06 | 0,36 ± 0,12 | 0,21 ± 0,06 |
| SS (mg/L) | 24,88 | 219,57 | 35,70 ± 8,27 | 68,07 ± 38,12 | 96,53 ± 83,87 |
| Clorofila <i>a</i> (µg/L) | 0,020 | 3,310 | 0,256 ± 0,149 | 0,952 ± 2,405 | 1,075 ± 1,327 |
| Feofitina (µg/L) | 0,000 | 7,420 | 0,749 ± 1,148 | 1,433 ± 2,405 | 2,546 ± 3,477 |
| P _D (mg/L) | 0,000 | 0,420 | 0,015 ± 0,019 | 0,134 ± 0,152 | 0,117 ± 0,206 |
| NT (mg/L) | 0,000 | 1,980 | 0,365 ± 0,416 | 0,302 ± 0,236 | 0,817 ± 0,83 |
| MO _S (%) | 0,26 | 2,80 | 0,72 ± 0,6 | 0,42 ± 0,12 | 0,96 ± 1,23 |
| Feopigmento (µg/L) | 0,000 | 90,228 | 15,428 ± 11,638 | 18,867 ± 22,979 | 24,894 ± 43,778 |
| NT _S (ppm) | 0,018 | 0,151 | 0,049 ± 0,026 | 0,032 ± 0,009 | 0,059 ± 0,062 |
| P _{DS} (ppm) | 0,324 | 2,562 | 0,837 ± 0,389 | 1,594 ± 0,534 | 0,55 ± 0,248 |

¹ OD = oxigênio dissolvido; SS = sólidos suspensos totais; NT = nitrogênio total; P_D = fósforo disponível; MO_S = matéria orgânica nos sedimentos; NT_S = nitrogênio total nos sedimentos; P_{DS} = fósforo disponível nos sedimentos.

² Letras diferentes na mesma linha significa diferença estatística ($P < 0,05$).

Tabela 3 – Resultados da ANOVA ($P < 0,05$) realizada para os parâmetros monitorados entre os pontos de coleta e tempos de cultivo, para as fazendas Yakult (Barra do Sul/SC) e Costa Azul (Laguna/SC).

| FAZENDA YAKULT | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|-------|-------|------|-----|-----|------|------|------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| | Pontos de coleta | | | | | | | | | Tempos de cultivo | | | | |
| | CAP-1 | CAP-2 | CAP-3 | V2 | V6 | V11 | DR-1 | DR-2 | DR-3 | 0 dias | 37 dias | 57 dias | 90 dias | 112 dias |
| T (°C) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | b | bc | d | e |
| OD (mg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | b | c | a |
| pH | ab | ab | ab | ab | b | b | ab | ab | a | abd | a | bcd | cd | d |
| Salin. (‰) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | b | b | a | a |
| Transp. (m) | a | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab | - | a | a | b | b |
| SS (mg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | ad | bcd | bd | cd | d |
| cla (µg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | b | b | a | b |
| Feof. (µg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a | a | ac | b | c | c |
| P _D (mg/L) | ab | a | a | bd | bcd | d | abcd | d | a | a | a | a | a | a |
| NT (mg/L) | a | b | ab | ab | ab | ab | ab | ab | ab | a | b | ab | ab | ab |
| MO _S (%) | abce | ae | ace | bcde | ace | cde | a | de | e | a | ab | ab | ab | b |
| Feop. (µg/L) | a | a | a | a | ab | ab | ab | b | a | a | a | a | a | a |
| NT _S (ppm) | abc | ac | ab | abc | ab | a | b | c | ab | a | a | a | a | a |
| P _{DS} (ppm) | acefg | bc | cg | df | efg | fg | g | g | h | a | a | a | a | a |

| FAZENDA COSTA AZUL | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|-------|----|----|----|-------------------|---------|---------|----------|
| | Pontos de coleta | | | | | Tempos de cultivo | | | |
| | CAP-1 | CAP-2 | V3 | V4 | DR | 20 dias | 44 dias | 72 dias | 101 dias |
| T (°C) | a | a | a | a | a | a | a | b | c |
| OD (mg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| pH | a | a | a | a | a | a | ab | ac | ad |
| Salin. (‰) | a | a | a | a | a | a | a | a | b |
| Transp. (m) | a | a | a | ab | b | a | a | a | a |
| SS (mg/L) | a | a | a | a | a | a | ab | b | ab |
| cla (µg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Feof. (µg/L) | a | a | a | a | a | a | ab | ab | b |
| P _D (mg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| NT (mg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| MO _S (%) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| Feop. (µg/L) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| NT _S (ppm) | a | a | a | a | a | a | a | a | a |
| P _{DS} (ppm) | a | b | ac | c | b | a | a | a | a |

¹ T = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; Salin. = salinidade; Transp. = transparência; SS = sólidos suspensos totais; cla = clorofila *a*; Feof. = feofitina; NT = nitrogênio total; P_D = fósforo disponível; MO_S = matéria orgânica nos sedimentos; Feop. = feopigmento; NT_S = nitrogênio total nos sedimentos; P_{DS} = fósforo disponível nos sedimentos.

² Letras diferentes na mesma linha e quadro significa diferença estatística ($P < 0,05$).

3. RECOMENDAÇÕES

As fertilizações de fósforo com uso de STP foram ineficientes para as duas fazendas, tendo em vista os índices de *cla* e para melhorar o desempenho destas sugere-se não utilizar aeração e adição de calcário ou óxido de cálcio no período em que são efetuadas as fertilizações, pois em ambiente oxigenado com presença de ferro o P precipita e também em ambiente básico com presença de Ca^{++} , ficando indisponível nos sedimentos e interferindo na produtividade primária.

Os parâmetros pH e Eh dos sedimentos são bastante importantes no comportamento das variáveis físico-químicas do sistema e fundamental na ciclagem dos nutrientes, por isso também devem ser acompanhados em trabalhos futuros e pelas fazendas de cultivo.

As fazendas Yakult e Costa Azul, apesar dos resultados observados (efluentes carregados), são consideradas modelo de manejo e de resultados produtivos para o Estado de Santa Catarina e as demais fazendas atuam em condições iguais ou inferiores e as cargas de efluentes geradas devem ser iguais ou superiores aos registrados. Portanto, os sistemas de cultivo e o manejo devem ser avaliados e ênfase deve ser dada ao tratamento de efluentes gerados.

A importância de um bom manejo deve ser compreendida pelos produtores e colocado em prática para melhorar os índices produtivos dentro das fazendas de cultivo e permitir que a pressão imposta ao ecossistema receptor seja minimizada.

Os efluentes gerados pelas fazendas de carcinicultura estudadas merecem maior atenção por meio dos produtores, técnicos e extensionistas e deve ser adotado um programa de tratamento de efluentes, antes de serem devolvidos ao meio ambiente.

A reutilização dos efluentes gerados pela atividade de carcinicultura pode ser uma boa alternativa para mitigar os impactos gerados pelos sistemas de cultivo semi-intensivos, já que esta água encontra-se rica em nutrientes quando comparadas aos corpos d'água de captação, sendo necessário apenas um tratamento prévio para diminuição de SS e MO_5 .

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO

- ABCC., 2001. Termos de compromisso e código de conduta e de práticas de manejo para o desenvolvimento de uma carcinicultura ambiental e socialmente responsável. **Mensagem recebida por: <abccam@uol.com.br> em: 30/Janeiro/2001.**
- Assad, L. T, e Bursztyn, M., 2000. **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável.** Brasília: CNPQ/Ministério da Ciência e Tecnologia. p. 33-73.
- Barracough, S. L. e Finger-Stich, A., 2001. IV – Environmental and social impacts: conflicts and “externalities”. In: **Some ecological and social implications of commercial shrimp farming in Asia.** Disponível: <<http://www.unrisd.org/engindex/publ/list/dp/dp74/shenv.htm>> em 08/Set./2001.
- Boyd, C. E., 1995. **Bottom soils, sediment and pond aquaculture.** New York. Ed. Chapman e Hall. 348 p.
- Boyd, C. E., 1998. Water and bottom soil quality management in freshwater aquaculture ponds. In: AQUACULTURA BRASIL'98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 1, p. 303-312.
- Boyd, C. E., 2000. Efluentes de fazendas de camarão durante a drenagem para despesca. **Revista ABCC.** Ano 2, n. 3. pp. 40-41.
- Colman, J. A. e Jacobson, A. R., 1991. Review and development of aquaculture models for predicting solute flux at the sediment-water interface. In: **Advances in world aquaculture: aquaculture and water quality.** Ed. The World Aquaculture Society. v. 3. p. 460-488.
- DPA, 2001. Departamento de Pesca e Aqüicultura/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plataforma Tecnológica do Camarão Marinho Cultivado.** Brasília. 276 p.
- FAO, 1996. Fisheries and Aquaculture in Latin America and the Caribbean: Situation and Outlook in 1996. **FAO Fisheries Circular No. 921 FIPP/C921.**, Italy. 22p.
- Instituto CEPA/SC., 2001. Desempenho da pesca e aqüicultura. In: **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2000-2001.** Florianópolis: Secretária do Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. p. 140-156.

- Jones, A. B.; Dennison, W. C. e Preston, N. P., 2001. Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal adsorption: a laboratory scale study. **Aquaculture**, v. 193. p. 155-178.
- Jory, D. E. e Dugger, D. M., 2000. Manejo preventivo de doenças de camarão peneideos: biomodulação da resposta não específica de imunidade com beta 1,3-D glucan. **Revista ABCC**. Ano 2, n. 1. p. 46-52.
- Maia, E. P., 1998. Recentes avanços da carcinicultura brasileira. In: **Contribuições ao desenvolvimento da aquicultura, em especial, a carcinicultura marinha do Brasil**. MCR: João Pessoa. p. 21-38.
- MMA. 2001. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de julho de 1986 – publicado no D. O. U. de 30/07/86. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> em 29/Nov./2001.
- Nascimento, I. A.; Mangabeira, F. C.; Evangelista, A. J. A.; Santos-Júnior, A. dos; Pereira, S. A.; Silvany, M. A. A. e Carvalhal, D. F., 1998. Cultivo integrado de camarões e ostras: busca de uma tecnologia limpa para o desenvolvimento sustentado. In: AQUACULTURA BRASIL'98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 2, p. 503-514.
- Oliveira, A., 2001. Os moluscos bivalves e a biorremediação dos impactos da carcinicultura. **Panorama da Aqüicultura**. v. 11, n. 65. p. 37-39.
- Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S. R.; Ruiz-Fernández, A. C. e Espinoza-Angulo, R., 1997. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 34, n. 5. p. 290-297.
- Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S. R. e Ruiz-Fernández, A. C., 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 1. p. 65-75.
- Páez-Osuna, F.; Guerrero-Galván, S. R. e Ruiz-Fernández, A. C. 1999. Discharge of nutrients from shrimp farming to coastal waters of the Gulf of California. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 7. p. 585-592.
- Páez-Osuna, F., 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: a global perspective. **Environmental Pollution**, v. 112, n. 2. p. 229-231.

- Primavera, J. H. 1998. Tropical shrimp farming its sustainability. In: **Tropical mariculture**. Academia press: London, p. 257-289.
- Quesada, J. E.; Coelho, M. A.; Aquini, E. N.; Curiacos, A. P. J.; Toshio, L. I.; Routledge, E. A. B.; Alvarez, G.; Suplicy, F. M. e Vinatea, L. A., 1998. Aqüicultura sustentável: construindo um conceito. In: AQUACULTURA BRASIL'98. **Anais...** Recife: Persona,. v. 2, p. 515-525.
- Ritvo, G.; Dixon, J. B.; Lawrence, A. L.; Samocha, T. M.; Neill, W. H. e Speed, M. F., 1998. Accumulation of chemical elements in Texas shrimp pond soils. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 29, nº 4. p. 422-431.
- Rocha, I. P. e Maia, E. P., 1998. Desenvolvimento tecnológico e perspectivas de crescimento da carcinicultura brasileira. In: AQUACULTURA BRASIL'98 (1998: Recife). **Anais...** Recife: Persona. v. 1, p. 213-235.
- Rocha, I. P., 1998. Carcinicultura brasileira: situação atual e sugestões para sua sustentabilidade. In: **Contribuições ao desenvolvimento da aqüicultura, em especial, a carcinicultura marinha do Brasil**. MCR: João Pessoa. p. 8-20.
- Rocha, I. P. 2000. Agronegócio do camarão cultivado – uma nova ordem econômica-social para o litoral nordestino. **Revista ABCC**. Ano 2. n. 1. p. 23-30.
- Rocha, I. P. e Rodrigues, J., 2000. Carcinicultura marinha – uma nova realidade para o fortalecimento do setor primário do Nordeste brasileiro. **Revista ABCC**. Ano 2. n 3, p. 32-36.
- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 1997. **Lei nº 11.426 da Política e do Sistema Estadual de Recursos Hídricos – Lei nº 11.427 sobre a Conservação e Proteção das Águas Subterrâneas**. Governo do Estado.
- Torigoi, R. H., 2001. **Avaliação do efeito de três densidades de estocagem de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) sobre os índices de produção e qualidade do efluente**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Departamento de Aqüicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 81 p.
- Vinatea, L. A., 1999. **Aqüicultura e Desenvolvimento Sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aqüicultura brasileira**. Florianópolis: Ed. da UFSC. 310 p.

- Vinatea, L. A. e Muedas, W. L. A., 1998. Aqüicultura brasileira está preparada para enfrentar os desafios sócio-ambientais do século XXI?. In: AQUACULTURA BRASIL'98. **Anais...** Recife: Persona. v. 2, p. 545-558.
- Viola, E. J.; Leis, H. R.; Scherer-Warren, I.; Guivant, J. S.; Vieira, P. F. e Krischke, P. J., 1998. **Meio ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as Ciências Sociais**. São Paulo: 2ª Ed. Cortez. 220 p.
- Zarain-Herzberg, M. e Ascencio-Valle, F., 2001. Taura syndrome in Mexico: follow-up study in shrimp farms of Sinaloa. **Aquaculture**, v. 193. p. 01-09.
- Wainberg, A. A. e Camara, M. R., 1998. Carcinicultura no litoral oriental do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: interações ambientais e alternativas mitigadoras. In: AQUACULTURA BRASIL'98. **Anais...** Recife: Persona. v. 2, p. 527-544.
- Wainberg, A. A., 2000. O pesadelo dos vírus asiáticos ainda ronda a carcinicultura brasileira. **Panorama da aqüicultura**. v. 10, n. 61. p. 51-52.