

**DIJACI ARAÚJO FERREIRA**

**PRODUÇÃO DE JUVENIS DO CAMARÃO *Litopenaeus vannamei* COM  
DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM EM BAIXA SALINIDADE E MEIO  
HETEROTRÓFICO**

Dissertação apresentada ao **Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura** da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de **Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura**.

Orientador: **Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes**

Coorientador: **Prof<sup>a</sup>. Dra. Emiko Shinozaki Mendes**

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Roberta Borda Soares**

Recife  
Abril, 2009

Ficha catalográfica

F383p Ferreira, Dijaci Araújo  
Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei*  
com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade  
e meio heterotrófico / Dijaci Araújo Ferreira. -- 2009.  
64 f. : il.

Orientador: Paulo de Paula Mendes.  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.  
Departamento de Pesca.  
Inclui referências e anexo.

CDD 639. 543

1. Berçário
  2. Alta densidade
  3. Bioflocos
  4. Troca zero de água
  5. Relação C/N
  6. Camarão – Cultivo
- I. Mendes, Paulo de Paula
  - II. Título

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

Parecer da Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado de

**DIJACI ARAÚJO FERREIRA**

**Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico**

Esta dissertação foi julgada para a obtenção do título de **Mestre em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura** e aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura em sua forma final.

Recife, 17 de Abril de 2009

---

Prof. Dr. Paulo Eurico Pires Travassos (UFRPE)  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes (UFRPE)  
Orientador

---

Prof. Dr. Fernando de Figueiredo Porto Neto (UFRPE)  
Membro Externo

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Roberta Borda Soares (UFRPE)  
Membro Interno

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Emiko Shinozaki Mendes (UFRPE)  
Membro Interno

---

Prof. Dr. Silvio Ricardo Maurano Peixoto (UFRPE)  
Membro Suplente

## DEDICATÓRIA

*Aos amigos Abel Nunes de Oliveira e Robson Varela Liberal que partiram no último ano deixando saudades, mas que com certeza estão torcendo pelos que ficaram e curtindo o que existe de melhor no outro lado.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura e a Estação de Aquicultura Continental Professor Johei Koike, em nome de todos os professores e funcionários, por toda a infra-estrutura disponibilizada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento através de bolsa de pesquisa e a agência Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), através da Rede de Carcinicultura do Nordeste (RECARCINE), pelo apoio financeiro necessário para o desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes (orientador) e as professoras Dr<sup>a</sup>. Emiko Shinozaki Mendes (co-orientadora) e Dr<sup>a</sup>. Roberta Borda Soares (co-orientadora) pela orientação e oportunidade de pesquisa.

Aos Prof. Dr. Eudes de Souza Correia, Prof. Dr. Alfredo Galvez e Prof. Dr. Silvio Peixoto - sempre disponíveis - pela atenção e esclarecimentos das inúmeras dúvidas que surgiram no decorrer do projeto.

À Bióloga MSc. Sâmia Régia Monteiro e aos Engenheiros de Pesca Yuri Andrade e Fabiana Penalva pela amizade, aos quais sou profundamente grato. Aos graduandos José Almir, Karolline Santos, Thiago Vandavelde e Eli Santos, que foram cobrados não como alunos e sim como engenheiros que serão, pelo profissionalismo com o qual se dedicaram ao experimento.

Ao Laboratório de Sanidade de Animais Aquáticos – LASAq, em especial a Médica Veterinária Joanna Dourado pela realização das análises bacteriológicas.

Aos amigos de hoje e sempre Antônio Henrique Liberal, Daniel Portela, Danilo Rodrigues e Karine Alessandra pelo incentivo e momentos de descontração.

Aos meus pais, Dijaci e Eliane, pelo carinho incondicional e formação moral que me norteia até hoje. A Tânia Maria, que estendeu meu conceito de família e a quem chamo de mãe e ao meu irmão e grande amigo Esdras.

A Ana Paula, em quem encontrei amor e apoio em momentos decisivos e, em especial, ao meu filho João Pedro, o pequeno rei, que me alegra todas as manhãs com seu sorriso nascido de um amor tão verdadeiro - e faz pra mim da vida um paraíso - eu não o troco pelo mundo inteiro.

Aos colegas de turma, em especial a Reginaldo Florêncio Jr., Renata Shinozaki, Maurício Pessoa, Magda Simone, Aprígio Neto, Elaine Cristina, Fábio Magno e Virginia Pedrosa.

Enfim, a todos que de alguma forma me deram forças e ânimo para iniciar, manter e finalizar mais essa etapa da minha vida.

## RESUMO

Sistemas sem renovação de água e cultivos em baixa salinidade são alternativas utilizadas pelos carcinicultores para mitigar as restrições impostas pela legislação ambiental quanto ao uso de áreas costeiras, além de permitirem um melhor controle de doenças e sua disseminação. Desta forma, avaliou-se o efeito de seis densidades de estocagem (2000, 4000, 6000, 8000, 10000, and 12000 shrimp/m<sup>2</sup>) no cultivo do *Litopenaeus vannamei* em troca zero de água e baixa salinidade (0,5 g/L), em experimento inteiramente casualizado com três repetições. Foram utilizados dezoito tanques de fibra de vidro (1000 L), povoados com pós-larvas (PL<sub>18</sub>) nas densidades correspondentes a cada tratamento e alimentadas com ração comercial. Diariamente, adicionou-se melação à água de cultivo, buscando uma relação C/N entre 20 e 30:1, como forma de favorecer o desenvolvimento da comunidade bacteriana heterotrófica. Ao final do estudo, observou-se que o aumento das densidades influenciou de forma significativa ( $P < 0,05$ ) o fator de conversão alimentar (FCA) e a biomassa final, registrando-se os maiores valores na densidade de 12000 camarões/m<sup>2</sup>, com  $1,47 \pm 0,06$  e  $390,00 \pm 16,97$  g. O peso médio final dos camarões variou de  $85,55 \pm 63,60$  a  $105,37 \pm 89,64$  mg, mas não houve diferença ( $P \geq 0,05$ ) entre as densidades avaliadas. A sobrevivência foi inversamente proporcional ao aumento das densidades ( $P < 0,05$ ), com uma taxa média de  $98,57 \pm 11,70\%$  entre as densidades de 2000 e 4000 camarões/m<sup>2</sup> e  $37,69 \pm 19,96\%$  na densidade de 12000 camarões/m<sup>2</sup>. Pode-se concluir que a produção intensiva do *L. vannamei* é possível em baixa salinidade (0,5 g/L) e meio heterotrófico, com excelentes índices de sobrevivência e FCA em 45 dias de cultivo.

Palavras-chave: berçário, alta densidade, bioflocos, troca zero de água, relação C/N.

## ABSTRACT

Zero-water exchange systems and low salinity culture are used by shrimp farmers as alternatives to alleviate the restrictions imposed by environmental regulations regarding the use of coastal areas, and allow better control of diseases and their spread. Thus, the effects at six densities (2000, 4000, 6000, 8000, 10000, and 12000 shrimp/m<sup>2</sup>) in *Litopenaeus vannamei* reared under zero water exchange and low salinity were evaluated in a complete randomized design with three replications. Eighteen fiberglass tanks (1000 L) were stocked with post-larvae (PL<sub>18</sub>) at densities corresponding to each treatment and fed commercial diets. Daily, molasses was added to water for provide C/N ratio between 20 and 30:1, to encourage the development of heterotrophic bacterial community. The study showed that density increase influenced significantly ( $P < 0.05$ ) the feed conversion ratio and final biomass. The highest values were observed at 12000 shrimp/m<sup>2</sup> ( $1.47 \pm 0.06$  and  $390.00 \pm 16.97$  g, respectively). The final weight of shrimp ranged from  $85.55 \pm 63.60$  to  $105.37 \pm 89.64$  mg, but there was no difference ( $P \geq 0.05$ ) between the densities evaluated. Survival was inversely proportional to the increase in densities ( $P < 0.05$ ), with an average rate of  $98.57 \pm 11.70\%$  between 2000 and 4000 shrimp/m<sup>2</sup> and  $37.69 \pm 19.96\%$  in density of 12000 shrimp/m<sup>2</sup>. It was concluded that intensive production of *L. vannamei* can be done in low salinity (0.5 g/L) and heterotrophic environment with excellent rates of survival and FCR in 45 days of culture.

Keywords: nursery, high-density, bioflocs, zero-water exchange, C/N ratio.

## SUMÁRIO

Resumo	
Abstract	
Lista de tabelas	
Lista de figuras	
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Carcinicultura no Brasil	12
2.2. Sistemas de cultivo	13
2.3. Cultivo do <i>L. vannamei</i> em baixa salinidade	14
2.4. Meio heterotrófico	16
3. ARTIGO CIENTÍFICO – Produção de juvenis do camarão <i>Litopenaeus vannamei</i> com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico	21
RESUMO	23
INTRODUÇÃO	24
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÃO	38
AGRADECIMENTOS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	47
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
6. ANEXO	61
6.1. Normas da revista	61

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Variáveis físico-químicas da qualidade da água nos tanques de cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade e meio heterotrófico, no período de 45 dias, em diferentes densidades de estocagem (média  $\pm$  erro padrão, amplitude entre parênteses).----- 47
- Tabela 2. Variação da transparência (Disco de Secchi) ao longo do cultivo do *L. vannamei* em diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico (média  $\pm$  erro padrão, amplitude entre parênteses).----- 48
- Tabela 3. Concentração bacteriana na água utilizada durante o cultivo do *L. vannamei* em diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico.----- 48
- Tabela 4. Variáveis de desempenho zootécnico do *L. vannamei* cultivado em diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico (média  $\pm$  erro padrão).----- 49
- Tabela 5. Relação do peso  $\times$  comprimento do camarão *L. vannamei* em meio heterotrófico durante 45 dias de cultivo.----- 50

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Formação de flocos bacterianos (Cone de Imhoff) ao longo do cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade e meio heterotrófico.----- 51
- Figura 2. Concentração média da amônia não-ionizada (A), nitrito (B) e nitrato (C) ao longo de 45 dias de cultivo do *L. vannamei* em diferentes densidades com baixa salinidade e meio heterotrófico.----- 52
- Figura 3. Influência da densidade de estocagem na sobrevivência (A), FCA (B) e biomassa final (C) do *L. vannamei* cultivado em baixa salinidade e meio heterotrófico.----- 53

## INTRODUÇÃO

A aquicultura vem assumindo uma importância cada vez maior em todo o mundo, pois além de ser uma relevante atividade econômica nas zonas costeiras de vários países, representa uma alternativa à exploração de recursos naturais. Segundo dados publicados pela Ramsar Convention on Wetlands (2007), 75% das espécies marinhas de importância comercial e muitas espécies de água doce estão sendo sobrexploradas ou capturadas em seu limite biológico.

Respondendo à significativa demanda global por peixes, camarões, moluscos e outros produtos, a produção aquícola e o comércio de produtos para a aquicultura crescem em ritmo acelerado. Mundialmente, o setor tem crescido a uma taxa média de 8,8% ao ano desde 1970, em comparação com apenas 1,2 % para a pesca e 2,8 % para a criação de animais terrestres destinados a produção de carne no mesmo período (FAO, 2004a).

Em 2005, a estimativa para a produção de pescado para consumo humano foi de 104 milhões de toneladas, registrando-se um aumento na produção aquícola, responsável por quase 50% dos produtos aquáticos destinados à alimentação, suprimindo o déficit gerado pela queda no aporte da pesca de captura, segundo dados publicados pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2007b).

Em termos mundiais, a carcinicultura marinha é a atividade da aquicultura que mais tem se desenvolvido, atingindo uma produção de 2,36 milhões de toneladas em 2005, correspondendo a um incremento de 12,2% em relação a 2004 (RIECHE e MORAES, 2006). Países da Ásia, América Latina e recentemente da África vêm contribuindo para o crescimento do setor.

No Brasil, a carcinicultura atingiu o recorde de produção em 2003, chegando a 90.190 toneladas e uma produtividade média de 6.084 kg/ha/ano, destacando-se como a maior entre

os países produtores (ROCHA, 2005). No entanto, a partir de 2004, a atividade enfrentou problemas de enfermidades que afetaram seu desempenho, provocando uma redução de 30% nos valores produzidos entre 2003 e 2005.

O surgimento de doenças tem sido atribuído à reutilização de efluentes de baixa qualidade, conseqüência da proximidade entre áreas produtoras, resultando em perdas econômicas significativas em diversos empreendimentos comerciais. Em razão disso, a sustentabilidade da carcinicultura vem sendo questionada em vista de sua auto-poluição, sendo frequentemente citada nos meios de comunicação por causar alterações nos ecossistemas adjacentes às áreas de cultivo, contribuindo para uma imagem pública negativa.

Recentes inovações têm demonstrado que protocolos apropriados de gestão podem reduzir as exigências de renovação de água, mesmo em sistemas altamente intensivos, sem nenhuma perda de desempenho dos camarões. Isto traz benefícios para todas as partes envolvidas e deve ser incentivado em todos os níveis.

Desta forma, a importância de pesquisas nesta área reside no fato de desenvolver e/ou melhorar técnicas de manejo em meio heterotrófico e troca zero de água, visando determinar as densidades de cultivo em baixa salinidade, capazes de maximizar a relação crescimento e sobrevivência, reduzindo os custos de produção e aumentando a viabilidade técnica da carcinicultura.

## 2. REVISAO DE LITERATURA

### 2.1 Carcinicultura no Brasil

O cultivo de camarões marinhos teve início na década de 80 em cultivos extensivos utilizando a espécie exótica *Marsupenaeus japonicus*. Entre os anos de 1984 e 1985, a referida espécie se mostrou inviável devido a dificuldades de adaptação climatológica decorrentes de grandes precipitações pluviométricas. A atenção do setor voltou-se para as espécies nativas (*Farfantepenaeus subtilis*, *Farfantepenaeus paulensis*, *Penaeus schimitti* e *Farfantepenaeus brasiliensis*), com o desenvolvimento de novas tecnologias nos setores de maturação, reprodução e manejo de viveiros, tendo como resultado a obtenção de produtividades variando de 500 a 800 kg/ha/ano (ROCHA et al., 1989).

Com a evolução da produção do *Litopenaeus vannamei* no Equador, o Brasil adotou a espécie nos anos 90 e a atividade chegou ao atual estágio de desenvolvimento. Em pouco tempo, o camarão branco do Pacífico se destacou devido a sua capacidade de adaptação as mais variadas condições de cultivo, altas taxas de crescimento e sobrevivência, boa produtividade e grande aceitação no mercado, transformando-se praticamente na única espécie cultivada comercialmente no país (OSTRENSKY NETO, 2002). Apesar do país dispor de condições climáticas, hidrobiológicas e topográficas favoráveis em toda a extensão de sua costa, o desenvolvimento da carcinicultura marinha está concentrado na região Nordeste.

Entre 1996 e 2003, a carcinicultura brasileira apresentou crescimentos elevados e bastante consistentes em termos de produtividade, produção e volume exportado, situando o país entre os dez maiores produtores do mundo. No entanto, a partir de 2004, seu desempenho foi abalado pelo efeito combinado do vírus IMNV (Mionecrose Infecciosa) e da ação *antidumping*, frente a um mercado mundial operando com preços baixíssimos e uma taxa cambial reduzida (RODRIGUES, 2005). Isto contribuiu para o decréscimo da produção e,

principalmente, das exportações brasileiras de camarão, reduzindo a participação do camarão de 244,79 para 74,86 milhões de dólares na Balança Comercial de Pescado do Brasil entre 2003 e 2007 (ABCC, 2009).

Segundo Rocha (2007), a valorização do Real e o aumento dos custos de produção superaram todas as demais adversidades e se constituem como os principais entraves para a sustentabilidade econômica do setor, recomendando como alternativa para a carcinicultura brasileira a ampliação e consolidação do camarão cultivado na dieta da nossa população. O mesmo autor sugere, entre outras medidas, como meio de inserir o camarão cultivado no mercado brasileiro a agregação de valor e, principalmente, a organização da cadeia produtiva, de forma que o setor produtivo participe financeiramente dos resultados da comercialização, recebendo o prêmio pago pelo consumidor por um produto com inocuidade, com responsabilidade ambiental e compromisso social.

De acordo com o último censo divulgado pela Associação Brasileira de Criadores de Camarões (ABCC), o Brasil possui 997 produtores contando com mais de 16.500 ha de espelho d'água e uma produção estimada de 65.000 toneladas em 2007 (ABCC, 2009).

## **2.2 Sistemas de cultivo**

Os sistemas de produção na aquicultura podem ser classificados em extensivo, semi-intensivo, intensivo e superintensivo, sendo a classificação baseada na produção e no manejo utilizado (SAMOCHA, 2003). A principal diferença entre sistemas extensivos e intensivos é o fornecimento de rações balanceadas aos organismos cultivados, em virtude das altas densidades de estocagem, o que torna o alimento natural insuficiente.

O sistema adotado pela maioria das fazendas brasileiras de camarão é o semi-intensivo, tendendo a intensificação, realizado geralmente em duas fases, em que os camarões são estocados nos viveiros de engorda após o período de cultivo nos tanques berçário. De

acordo com Rocha et al. (2003), a produção de juvenis em raceways entre o cultivo berçário e os viveiros de engorda pode reduzir o tempo de cultivo, aumentando o número de ciclos por ano. No entanto, o cultivo multifásico ainda é questionado por causar muito estresse e mortalidade. Wang e Leiman (2000), analisando diferentes sistemas de produção de camarão, concluíram que um sistema bifásico com uma primeira fase prolongada, em muitos casos, é mais eficiente do que sistemas monofásicos ou multifásicos.

O cultivo bifásico apresenta várias vantagens, incluindo um melhor manejo alimentar, maior controle sobre predadores e competidores, melhor qualidade de água, povoamento com camarões maiores e mais resistentes, além de ser recomendado por razões de biosegurança, uma vez que os tanques podem ser utilizados como uma instalação de quarentena antes do povoamento dos viveiros de engorda (SAMOCHA et al., 2003, HANDY et al., 2004, ZELAYA et al., 2004).

A produção intensiva de juvenis de camarão tem sido utilizada como estratégia para várias espécies de peneídeos, como *Litopenaeus vannamei*, *Farfantepenaeus paulensis*, *Penaeus esculentus*, *Penaeus semisulcatus* e *Penaeus monodon* (ARNOLD et al., 2005; ARNOLD et al., 2006; AL-AMEERI e CRUZ, 2006; BALLESTER et al., 2007; MISHRA et al., 2008).

### **2.3 Cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade**

O cultivo do *L. vannamei* é realizado geralmente em regiões costeiras, porém tem sido limitado pela legislação ambiental, uma vez que os viveiros utilizados para seu crescimento são construídos nas áreas adjacentes aos manguezais. Além disso, a exploração imobiliária de terras litorâneas provocou a valorização econômica, o que dificulta ainda mais a aquisição de áreas para instalação de projetos de carcinicultura.

Como alternativa, aproveitando a habilidade do camarão branco em suportar amplas faixas de salinidade (0,5 e 40g/L) (MCGRAW et al., 2002; SAOUD et al. 2003), foram implantadas fazendas em regiões isentas ou com pouca influência de águas marinhas, intensificando a atividade em todo mundo (VALENÇA e MENDES, 2004; LI et al., 2007). González-Félix et al. (2007) afirmam que a aquicultura em águas de baixa salinidade mostra-se como uma alternativa para o cultivo de várias espécies, servindo como saída à aquicultura tradicional costeira.

A produção do *L. vannamei* em águas interiores requer alguns cuidados, uma vez que a sobrevivência dos animais pode ser afetada durante o processo de aclimação por questões genéticas, taxas de redução da salinidade, idade das pós-larvas e composição iônica da água (LARAMORE et al., 2001; MCGRAW et al., 2002; DAVIS et al. 2005).

Conforme mencionado por Cheng et al. (2006) e Balbi et al. (2005), a ocorrência de altas mortalidades, tanto no processo de aclimação como durante a engorda, estão associadas à composição iônica da água e não às baixas salinidades. As concentrações de potássio, magnésio e sulfato em águas subterrâneas são relativamente baixas quando comparadas a água do mar de mesma salinidade (BOYD, 2007). Atualmente, a forma mais comum para corrigir a composição iônica da água é através da adição de sais minerais na forma de fertilizantes químicos ou orgânicos. Green (2008), utilizando a suplementação iônica em viveiros de 0,1 ha e salinidade de 0,7g/L, obteve sobrevivências acima de 90% e uma produtividade máxima de 4966 kg/ha.

Outra estratégia, mas ainda em fase de estudos, é a incorporação de íons essenciais na ração (VALENÇA e MENDES, 2004). Roy et al. (2007) afirmam que a suplementação mineral poderia ser mais rentável, uma vez que a absorção dos íons seria potencializada, evitando desta forma a adição de grandes quantidades de fertilizantes na água de cultivo.

No Brasil, o cultivo em águas interiores é uma realidade, sendo praticado por pequenos empreendedores principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí, destacando-se a região do Baixo Jaguaribe (CE), onde as fazendas ocuparam mais de 400 ha em 2004 (MIRANDA et al., 2008).

#### **2.4 Meio heterotrófico**

O meio mais utilizado, tanto em água doce quanto em água salgada, no cultivo de camarões é o autotrófico, que consiste na utilização de baixas densidades de estocagem, trocas regulares de água para controlar a superpopulação de algas e a utilização de rações com altos níveis de proteína (BOYD e TUCKER, apud GROSS et al., 2003). No entanto, sistemas baseados no controle de organismos autotróficos tem sido responsabilizados pelas organizações ambientais pela deterioração dos ecossistemas costeiros e sofrido grandes perdas econômicas, resultado de doenças decorrentes de sua auto-poliuição (SAMOCHA et al., 2007). Segundo Kautsky et al. (2000), muitas dessas doenças são originadas em complexos de fazendas que praticam cultivos intensivos e compartilham efluentes de baixa qualidade.

Com o objetivo de minimizar o aporte de nutrientes no ambiente, agências governamentais têm promovido ações regulamentadoras definindo parâmetros de qualidade de água e limites de descarga (SAMOCHA, 2004). Outra medida, fruto de ações institucionais, são os Códigos de Conduta e Códigos de Boas Práticas estabelecidos a nível internacional, nacional e por associações de produtores como mecanismos de auto-regulação de operações de aquicultura (READ e FERNANDES, 2003).

Outro meio de cultivo utilizado é o heterotrófico que apesar de pouco difundido vem sendo objeto de estudo. Nesse sistema é imprescindível a utilização de técnicas e domínio da comunidade bacteriana heterotrófica através do balanceamento e manutenção de altas relações Carbono:Nitrogênio. O aporte de C nos meios heterotróficos pode ocorrer de diversas formas,

com destaque para o melaço, sub-produto da fabricação do açúcar de cana, empregado como promotor de crescimento bacteriano em viveiros de cultivo no Brasil e no mundo. Farelos vegetais, rações a base de grãos e o acetato de sódio também podem ser utilizados, no entanto o acetato de sódio, apesar de ser amplamente empregado como substrato experimental para a produção de bactérias, torna seu uso proibitivo em escala comercial devido ao alto custo (SCHNEIDER et al., 2006).

O melaço se apresenta na forma líquida viscosa e não cristalizável, tendo sua composição favorável, pois contém pouco nitrogênio, cinzas ou fibras (UGALDE e CASTRILLO, 2007), além da alta disponibilidade. Cerca de 18 milhões de toneladas de melaço de cana-de-açúcar são produzidos por ano no Brasil pelo setor sucroalcooleiro (LIMA et al., 2008).

No cultivo heterotrófico trabalha-se com trocas mínimas de água, tendendo a regimes de troca zero. Com esse procedimento reduz-se a entrada de patógenos e a descarga de efluentes ricos em nutrientes (DECAMP et al., 2003), apesar de se adotar densidades de estocagem superiores a 150 camarões/m<sup>2</sup>. Alguns pesquisadores estimulam o uso desse sistema fechado como forma de obter altas produtividades. Entretanto, por ser de difícil aplicação nos sistemas de produção convencionais e por se tratar de uma nova modalidade de cultivo há poucos resultados obtidos em escala comercial publicados.

Boyd e Clay (2002) e Hargreaves (2006) afirmam que cultivos baseados em comunidades bacterianas heterotróficas promovem uma maior estabilidade hidrobiológica, apesar de muitos empreendimentos enfatizarem o controle da comunidade fitoplanctônica autotrófica com altas proporções de diatomáceas.

Os sistemas com troca zero, com altas densidades de estocagem, foram inicialmente desenvolvidos como alternativa para resolver os problemas de qualidade da água, onde a manutenção dos parâmetros ideais baseia-se no desenvolvimento e controle das bactérias

heterotróficas do próprio meio (AVNIMELECH, 2007). Nesses sistemas o acúmulo de formas de nitrogênio tóxico é prevenido através da retirada da amônia pela comunidade bacteriana (AVNIMELECH, 1999; MCINTOSH et al., 2000a).

O desenvolvimento do meio heterotrófico também pode ser obtido através de probióticos, baseado no princípio da exclusão competitiva, onde bactérias patogênicas são substituídas por um suplemento simples ou uma cultura mista de bactérias selecionadas (MCINTOSH, 2000b; GULLIAN et al., 2004).

Probióticos são aditivos biológicos, na maior parte inóculos bacterianos, utilizados a fim de melhorar ou estabilizar a qualidade da água, reduzindo a ameaça de doenças e realçar a condição de saúde dos animais cultivados (DEVARAJA et al., 2002; BERISTAIN, 2005). Entretanto, embora haja resultados científicos sobre os efeitos benéficos de aditivos biológicos no desempenho de camarões em sistemas controlados, ainda existem muitas contestações sobre sua eficiência em ambientes onde já existe uma microbiota residente na água e no sedimento.

Segundo Silva e Souza (1998), organismos heterotróficos são aqueles que não possuem a capacidade de sintetizar seu próprio alimento, ou seja, necessitam da presença de matéria orgânica para sua nutrição. Os componentes orgânicos são formados por organismos mortos, fezes dos animais cultivados e alimentos não consumidos. Os microrganismos presentes no ambiente colonizam os substratos e assimilam os compostos nitrogenados, originados durante o processo de decomposição da matéria orgânica, formando flocos (TACON, 2002a).

De acordo com Bratvold e Browdy (2001), os flocos ou agregados microbianos são uma mistura complexa composta por bactérias, algas, fungos, protozoários, rotíferos, nematóides, entre outros. Em viveiros de cultivo heterotrófico, componentes orgânicos podem estar disponíveis tanto na coluna d'água quanto no fundo do viveiro (SCHROEDER, 1978).

Segundo Leonard et al. (2002), existe uma competição constante por espaço entre bactérias heterotróficas e autotróficas, entretanto, a disponibilidade dos resíduos orgânicos, conforme Avnimelech (2006), fornece substrato favorecendo uma dominância da comunidade heterotrófica. Um subproduto do crescimento da comunidade heterotrófica é a produção de proteína microbiana (AVNIMELECH, 2007).

A proteína (biomassa microbiana) resultante da conversão de detritos orgânicos é consumida regularmente pelos camarões durante o cultivo (BARBIERI JR. e OSTRENSKY NETO, 2002; CUZON et al., 2004). Além de proteína, os flocos contêm um número importante de macro (cálcio, fósforo, potássio e magnésio) e micro-nutrientes (cobre, ferro, manganês e zinco), assim como aminoácidos e ácidos graxos (MOSS, 2006). Esse consumo contribui duplamente para a dinâmica do cultivo, pois além de constituir uma fonte para a nutrição dos camarões é um eficiente instrumento de reciclagem dos nutrientes através da biomassa de animais cultivados (MCINTOSH, 2001). Burford et al. (2004) afirmam que entre 18 e 29% do nitrogênio consumido pelo *L. vannamei* pode ser originado de flocos bacterianos contidos no meio heterotrófico, enquanto McIntosh (2000a) demonstrou níveis de retenção de até 37%.

De acordo com Tacon et al. (2002b) e Wasielesky et al. (2006a), a presença de comunidades estabilizadas de bactérias no ambiente pode melhorar o crescimento, ganho de peso, conversão alimentar, resistência a doenças, consumo de ração e sobrevivência.

Bianchi et al. (1990) reportam que 70 a 80% do ganho de peso do *L. vannamei* cultivado em condições de laboratório pode ser atribuído ao consumo de flocos bacterianos. Burford et al. (2003) obtiveram taxas de sobrevivência acima de 80% em cultivos com densidades de até 118 camarões/m<sup>2</sup> e presença de matéria floculada. Jory (2001) relata sobrevivências de 96% em viveiros, alcançando 2,5 ciclos de produção ao ano usando meio heterotrófico e troca zero de água.

Nunes (2005) afirma que viveiros com fundo revestido (manta PVC), aeração e troca zero de água, podem gerar produtividades superiores a 18 t/ha/ciclo, enquanto Tacon et al. (2004) cita produções em viveiros revestidos, menores que um hectare, entre 40 e 340 t/ha/ano. Cultivos heterotróficos realizados em sistemas com adição de oxigênio têm gerado produtividades equivalentes a 60 t/ha/ciclo, utilizando densidades de até 400 camarões/m<sup>2</sup> (LEFFLER, 2008).

Tacon et al. (2004) relata uma ampla faixa de adensamento, variando entre 80 e 2000 camarões/m<sup>2</sup>. Segundo McIntosh (2001), densidades de estocagem abaixo de 100 camarões/m<sup>2</sup> não favorecem o estabelecimento de condições heterotróficas, sugerindo que densidades mais altas podem acelerar o processo de estabilização bacteriana. No entanto, para que se possa cultivar o *L. vannamei* em água doce e meio heterotrófico, faz-se necessário testar alternativas de manejo com o objetivo de maximizar o desempenho zootécnico da espécie.

Os dados mencionados referem-se a trabalhos realizados em água salgada, não sendo encontradas referências relativas a cultivos de *L. vannamei* em água doce utilizando meio heterotrófico.

### 3. ARTIGO CIENTÍFICO

Parte dos resultados obtidos durante o trabalho experimental dessa dissertação é apresentado no artigo intitulado **Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico** (manuscrito), que se encontra anexado.

MANUSCRITO

**Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico**

Manuscrito a ser submetido à revista

*Aquaculture International*

ISSN: 0967-6120 (Print Version)

ISSN: 1573-143X (Electronic Version)

1 **Produção de juvenis do camarão *Litopenaeus vannamei* com diferentes densidades de**  
2 **estocagem em baixa salinidade e meio heterotrófico**

3

4 Dijaci Araújo Ferreira<sup>1,2,3\*</sup>; Yuri Vinicius de Andrade Lopes<sup>5</sup>; Roberta Borda Soares<sup>1,2</sup>;

5 Emiko Shinozaki Mendes<sup>1,4</sup>; Paulo de Paula Mendes<sup>1,2\*</sup>

6

7 <sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura; <sup>2</sup>Departamento de Pesca e Aquicultura;

8 <sup>3</sup>Bolsista CNPq – Brasil; <sup>4</sup>Departamento de Medicina Veterinária; <sup>5</sup>Bolsista CNPq, Universidade Federal Rural

9 de Pernambuco, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23 Autores para correspondência: e-mail: dijaci@hotmail.com (D.A. Ferreira); paulo\_ufrpe@yahoo.com.br (P.P.

24 Mendes)

25

26

**Resumo**

Sistemas sem renovação de água e cultivos em baixa salinidade são alternativas utilizadas pelos carcinicultores para mitigar as restrições impostas pela legislação ambiental quanto ao uso de áreas costeiras, além de permitirem um melhor controle sobre doenças e sua disseminação. Desta forma, reuniram-se essas estratégias para avaliar os efeitos do cultivo intensivo do *Litopenaeus vannamei* nas densidades de 2000, 4000, 6000, 8000, 10000 e 12000 camarões/m<sup>2</sup>, em experimento inteiramente casualizado com três repetições. Foram utilizados dezoito tanques de fibra de vidro (1000 L), povoados com pós-larvas (PL<sub>18</sub>) nas densidades correspondentes a cada tratamento e alimentadas com ração comercial. Diariamente, adicionou-se melação à água de cultivo buscando uma relação C/N entre 20 e 30:1, como forma de favorecer o desenvolvimento da comunidade bacteriana heterotrófica. Ao final do estudo observou-se que o aumento das densidades influenciou de forma significativa ( $P < 0,05$ ) o fator de conversão alimentar e a biomassa final, registrando-se os maiores valores na densidade de 12000 camarões/m<sup>2</sup>, com  $1,47 \pm 0,06$  e  $390,00 \pm 16,97$  g. O peso médio final dos camarões variou de  $85,55 \pm 63,60$  a  $105,37 \pm 89,64$  mg, mas não houve diferença ( $P \geq 0,05$ ) entre as densidades avaliadas. A sobrevivência foi inversamente proporcional ao aumento das densidades ( $P < 0,05$ ), com uma taxa média de  $98,57 \pm 11,70\%$  entre as densidades de 2000 e 4000 camarões/m<sup>2</sup> e  $37,69 \pm 19,96\%$  na densidade de 12000 camarões/m<sup>2</sup>. Pode-se concluir que a produção intensiva do *L. vannamei* é possível em baixa salinidade (0,5 g/L) e meio heterotrófico com excelentes índices de sobrevivência e FCA em 45 dias de cultivo.

48

49

50

Palavras-chave: berçário, alta densidade, bioflocos, troca zero de água, relação C/N.

52

**53 Abreviações**

54	OD	Oxigênio dissolvido
55	PL	Pós-larva
56	MAP	Monoamônio fosfato
57	PB	Proteína bruta
58	FCA	Fator de conversão alimentar
59	UFC	Unidades formadoras de colônias
60	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Amônia ionizada
61	NH <sub>3</sub>	Amônia não-ionizada
62	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrito
63	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato

64

**65 Introdução**

66       Ativistas ecológicos, organizações governamentais e não-governamentais,  
67 pesquisadores, empresas e consumidores têm se mostrado cada vez mais preocupados com  
68 posturas e práticas ambientais realizados por vários setores e suas responsabilidades quanto  
69 aos impactos ambientais (Gonçalves-Dias e Teodósio 2006). Especificamente na  
70 carcinicultura, entre os danos ao meio ambiente atribuídos às fazendas de camarões, um está  
71 relacionado ao comprometimento dos ecossistemas adjacentes às áreas produtoras, como  
72 consequência da descarga de seus efluentes, principalmente em cultivos intensivos  
73 tradicionais (Wang 1990; Naylor et al. 1998).

74       A reutilização de efluentes de baixa qualidade, consequência da proximidade entre  
75 áreas produtoras, combinada com a introdução de patógenos, resultou em surtos virais e  
76 perdas econômicas significativas na carcinicultura dos principais países produtores, além de  
77 restrições impostas por ações regulamentadoras (More e Frelier 2003; Samocha et al. 2004;  
78 Samocha et al. 2007). Em razão disso, protocolos de manejo vêm sendo desenvolvidos com o  
79 objetivo de reduzir as exigências de renovação de água, mesmo em sistemas altamente  
80 intensivos.

81 Entre os novos métodos de cultivo com baixa renovação ou troca zero de água,  
82 destacam-se os sistemas baseados nos flocos microbianos suspensos pela obtenção de alguns  
83 dos mais altos níveis de produtividade (Wasielesky et al. 2006a). McIntosh et al. (2001) e  
84 Serfling (2006) destacam como principal vantagem dos bioflocos a conversão de compostos  
85 orgânicos em biomassa microbiana, contribuindo duplamente para a dinâmica do cultivo, pois  
86 além de serem uma fonte para a nutrição dos camarões, são um eficiente instrumento de  
87 reciclagem dos nutrientes através da biomassa de animais cultivados.

88 A proteína (biomassa microbiana) obtida através da conversão de detritos orgânicos é  
89 consumida regularmente pelos camarões durante o cultivo (Barbieri Junior e Ostrensky Neto  
90 2002; Cuzon et al. 2004). Tacon et al. (2002) e Wasielesky et al. (2006a) afirmam que a  
91 presença de comunidades estabilizadas de bactérias no ambiente podem melhorar o  
92 crescimento, o ganho de peso, o fator de conversão alimentar, a resistência a doenças, o  
93 consumo de ração e a sobrevivência.

94 Outra alternativa utilizada pelos produtores de camarão marinho para fugir das  
95 restrições impostas pela legislação ambiental, além de um melhor controle de doenças e sua  
96 disseminação, são os cultivos em águas interiores (Jory et al. 2003; Sowers et al. 2005). De  
97 acordo com Valença (2004) e Li et al. (2007), diversas fazendas foram implantadas em  
98 regiões com pouca ou nenhuma influência de águas marinhas. No Brasil, o cultivo em águas  
99 interiores é uma realidade, registrando-se a ocupação de mais de 400 ha por pequenos  
100 empreendedores, em 2004, apenas no Estado do Ceará (Miranda et al. 2008).

101 Dentre as fases de cultivo do *L. vannamei*, Rocha et al. (2003b) destacam a produção  
102 de juvenis, utilizando berçários secundários, como uma etapa caracterizada pelo baixo  
103 impacto ambiental e elevado grau de biossegurança. Os mesmos autores ressaltam a  
104 importância da produção de juvenis por aumentar a eficiência produtiva das unidades de  
105 engorda devido a redução no tempo de cultivo, aumentando o número de ciclos por ano.

106 Embora a produção intensiva de juvenis do *L. vannamei* venha sendo realizada com  
107 sucesso, em densidades de estocagem entre 2000 e aproximadamente 20000 camarões/m<sup>2</sup>  
108 (Rocha 2003a; Samocha 2003), ainda não foram divulgados estudos que definam um manejo  
109 adequado em meio heterotrófico e baixa salinidade. Desta forma, a importância de pesquisas  
110 unindo essas duas estratégias, meio heterotrófico e baixa salinidade, reside no fato de  
111 desenvolver e/ou melhorar técnicas capazes de maximizar a relação crescimento e  
112 sobrevivência, reduzindo os custos de produção e aumentando a viabilidade técnica da  
113 carcinicultura.

114 Em função do exposto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes densidades de  
115 estocagem no desempenho zootécnico do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado em baixa  
116 salinidade (0,5 g/L) e meio heterotrófico.

117

## 118 **Material e Métodos**

119 O experimento foi realizado na Estação de Aquicultura Continental Prof. Johei Koike  
120 da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Recife/Brasil.

121 Anteriormente à produção de juvenis, os animais utilizados durante o experimento  
122 foram aclimatados para a salinidade de cultivo (0,5 g/L). Para essa fase, pós-larvas (PL) do  
123 camarão *L. vannamei* foram adquiridas em larvicultura comercial com 10 dias após a última  
124 metamorfose (PL<sub>10</sub>) e salinidade de 10 g/L. As pós-larvas foram estocadas (32,5 PL/L) em  
125 oito tanques de fibra de vidro, com volume útil de 800 L, mantendo-se a salinidade de origem  
126 nas primeiras 24 horas. Para o processo de redução da salinidade, foi substituído diariamente  
127 50% do volume útil dos tanques com água doce (0,0 g/L) até a obtenção de 0,5 g/L. A água  
128 doce utilizada, proveniente de poço, foi enriquecida com sulfato de potássio, além da adição  
129 de 10 g/dia de calcário dolomítico, com o objetivo de manter os níveis de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> próximos  
130 de 40 e 20 mg/L, respectivamente, de acordo com as recomendações de Roy et al. (2007).

131 Durante o período de oito dias, necessários para redução da salinidade, as PL foram  
132 alimentadas com biomassa de artêmia e ração comercial pulverizada, contendo 40% de  
133 proteína bruta (PB). A biomassa e a ração foram ofertadas, alternadamente, seis vezes ao dia,  
134 com intervalos de duas horas, no período de 08:00 às 18:00 horas. Diariamente, foram  
135 monitorados a salinidade, o oxigênio dissolvido (OD), o pH e a temperatura.

136 Paralelamente à aclimação, realizou-se a preparação da água de cultivo utilizada na  
137 produção de juvenis. Inicialmente, os tanques experimentais foram abastecidos com água a  
138 0,5 g/L de salinidade, obtida com água doce e água salgada (28 g/L). Após o ajuste da  
139 salinidade, a água foi fertilizada com nitrato de cálcio e monoamônio fosfato (MAP)  
140 buscando concentrações de 2,0 mg/L de nitrogênio e 0,2 mg/L de fósforo. Antes do  
141 povoamento, durante sete dias, adicionou-se 10 g de ração pulverizada de baixo teor protéico  
142 (25%) e cinco ml de melão, com o objetivo de disponibilizar substrato orgânico e aumentar a  
143 relação C:N, favorecendo o desenvolvimento bacteriano e conseqüente formação de  
144 bioflocos. A aeração das unidades experimentais foi realizada através de cinco pontos de  
145 saída de ar, com pedra porosa, para promover a suspensão do material floculado. Os níveis de  
146  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  foram mantidos empregando-se o mesmo método descrito na aclimação.

147 Para proporcionar uma maior superfície para o crescimento da biota natural e  
148 acomodação para os camarões, foram colocados substratos artificiais. Em cada tanque foram  
149 instalados dois substratos constituídos de telas de polietileno com 0,63 x 0,40m e malha de  
150 1,0mm, fixados verticalmente a 10 cm do fundo. Cada tela resultou numa adição de área de  
151  $0,5 \text{ m}^2$  ( $0,252 \text{ m}^2/\text{face}$  da tela), representando um aumento de 100% em relação a área de  
152 fundo.

153 Ao término da primeira etapa, as  $PL_{18}$  foram transferidas para os tanques de cultivo,  
154 utilizando-se como estimativa de contagem o método gravimétrico descrito por Davis et al.  
155 (2004). Foram estabelecidos seis tratamentos, correspondentes às densidades de 2000, 4000,

156 6000, 8000, 10000 e 12000 PL/m<sup>2</sup>, avaliados em experimento inteiramente casualizado, com  
157 três repetições. Durante a produção de juvenis, ofertou-se ração comercial na forma de  
158 grânulos, com 40% PB, nos primeiros 15 dias. Posteriormente, utilizou-se ração com 25% PB,  
159 administrada diariamente em bandejas de alimentação às 08:00, 12:00, 14:00 e 17:00 horas.

160 A qualidade de água foi monitorada com base nos níveis da amônia (NH<sub>3</sub>), nitrito  
161 (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fósforo total, alcalinidade e dureza. As análises foram realizadas  
162 seguindo o método descrito em APHA (1995). Diariamente foram registrados os valores de  
163 OD, pH e temperatura. A transparência foi monitorada diariamente às 12 h, utilizando-se o  
164 disco de Secchi. O volume de flocos foi determinado a cada quatro dias, utilizando cones de  
165 Imhoff, mantendo-se 1,0 L da água de cultivo por 30 minutos nos cones para sedimentação do  
166 material floculado. Semanalmente, foram efetuadas análises bacteriológicas da água de todos  
167 os tanques, quantificando-se o desenvolvimento de bactérias autotróficas e heterotróficas.

168 Diariamente adicionou-se melão à água de cultivo, como forma de incorporar  
169 carbono orgânico ao sistema, com o objetivo de estabelecer uma relação C/N de 20 a 30:1. A  
170 quantidade de melão foi calculada com base na equação (Eq.1) desenvolvida por  
171 Avnimelech (1999), considerando-se, além do aporte direto (excreção) ou indireto  
172 (degradação de resíduos orgânicos pela comunidade microbiana) de N, as quantidades de C  
173 orgânico inseridas no sistema via ração fornecida.

$$174 \quad \Delta N = QR \times \%NR \times \%NE \quad (\text{Eq. 1})$$

175 Em que: QR - quantidade de ração ofertada diariamente; %NR - quantidade de nitrogênio  
176 inserido no sistema (% Proteína Bruta / 6,25) e %NE – quantidade de nitrogênio excretado no  
177 sistema.

178 Quinzenalmente, foram realizadas biometrias para monitorar o crescimento em  
179 comprimento (mm) e peso (mg) dos camarões, utilizando-se amostras de 15 camarões por  
180 tanque. Os animais foram medidos da ponta do telson até o pedúnculo ocular (comprimento

181 orbital) e pesados em balança eletrônica ( $\pm 0,001g$ ), sendo posteriormente descartados. Ao  
182 término dos 45 dias de experimento, obteve-se o peso e o comprimento individuais de  
183 aproximadamente 5% da biomassa despescada de cada unidade experimental.

184 A variação das características morfométricas dos camarões cultivados em diferentes  
185 densidades foi avaliada pela relação peso  $\times$  comprimento. Com base no parâmetro  $\theta$  (Eq.2),  
186 utilizaram-se os critérios recomendados por King (2007) para classificação do crescimento  
187 dos camarões (isométrico ou alométrico).

$$188 \quad W_i = \theta L_i^\theta \quad (\text{Eq. 2})$$

189 Em que:  $W$  - Peso,  $\theta$  e  $\theta$  - parâmetros de crescimento,  $L$  - comprimento,  $i$  -  $i$ -ésima  
190 observação.

191 Para avaliar a biomassa final (Eq.3), o fator de conversão alimentar (Eq.4) e a  
192 sobrevivência (Eq.5) em função das densidades adotadas utilizaram-se os seguintes modelos  
193 matemáticos:

$$194 \quad \text{Biomassa final}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Densidade} \quad (\text{Eq. 3})$$

195 Em que:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  - parâmetros do modelo, Densidade - densidade de cultivo adotada e  $i$  -  $i$ -  
196 éxima observação.

$$197 \quad \text{FCA}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Densidade} \quad (\text{Eq. 4})$$

198 Em que: FCA - fator de conversão alimentar,  $\beta_0$  e  $\beta_1$  - parâmetros do modelo, Densidade -  
199 densidade de cultivo adotada e  $i$  -  $i$ -ésima observação.

$$200 \quad \text{Sobrevivência}_i = \beta_0 e^{(\beta_1 \text{Densidade})} \quad (\text{Eq. 5})$$

201 Em que:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  - parâmetros do modelo, Densidade - densidade de cultivo adotada e  $i$  -  $i$ -  
202 éxima observação.

203 A taxa de sobrevivência (TS) foi obtida pelo quociente entre o número de camarões ao  
204 final do cultivo ( $N_F$ ) e o número de camarões estocados ( $N_0$ ), de acordo com a equação 6:

$$205 \quad \text{TS} = (N_F / N_0) \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

206 Para a comparação das variáveis de desempenho zootécnico sobrevivência, peso  
207 médio final, biomassa final e fator de conversão alimentar (FCA) utilizou-se a análise de  
208 variância (ANOVA), associado ao teste de comparação de médias (Teste de Tukey), ao nível  
209 de significância de 5%. Para estimar os parâmetros dos modelos (Eq. 3, Eq. 4 e Eq. 5)  
210 utilizou-se a técnica dos mínimos quadrados e para comparar esses parâmetros entre as  
211 densidades de estocagem utilizou-se a estatística “t” de Student definida por Zar (1996). Os  
212 cálculos foram realizados com o auxílio do programa computacional SysEapro v. 1.0.

213

## 214 **Resultados e Discussão**

215 Os valores encontrados para as variáveis de qualidade da água estão sumarizados na  
216 Tabela 1. Durante a produção de juvenis do *L. vannamei* a temperatura, o pH e o OD  
217 apresentaram valores dentro da faixa de conforto para o cultivo da referida espécie. Os  
218 valores da temperatura oscilaram entre 25,40 e 29,10 °C, estando próximos da amplitude ideal  
219 (26 a 33 °C) preconizada por Nunes (2002). O pH e o OD variaram de 7,01 a 8,50 e 4,90 a  
220 8,10 mg/L. Boyd (2001) indica uma faixa de pH entre 6 e 9 para o cultivo de camarões, no  
221 entanto Wasielesky (2006a) alerta que valores abaixo de 7 afetam o crescimento do *L.*  
222 *vannamei* em meio heterotrófico. Boyd e Clay (2002) relatam que nos cultivos superintesivos  
223 procura-se manter os níveis de OD acima de 4,0 mg/L.

224 Ao final do experimento, com o aumento das dosagens de melaço aplicadas  
225 diariamente, observaram-se reduções bruscas nos níveis de OD, com variações nos teores de  
226 6,50 para, aproximadamente, 5,00 mg/L em poucos minutos. Schryver et al. (2008) afirmam  
227 que aportes de carbono orgânico devem ser realizados de forma cuidadosa, uma vez que, o  
228 metabolismo microbiano aeróbio em cultivos com bioflocos pode contribuir para a  
229 diminuição dos níveis de OD.

230 A transparência da água diminuiu ao longo do cultivo, atingindo valores médios entre  
231 13,00±1,41 e 21,33±2,52 cm ao final de 45 dias (Tabela 2). Observou-se uma relação direta  
232 entre o declínio nos valores da transparência e o aumento do volume de flocos. McIntosh et  
233 al. (2000a), cultivando o *L. vannamei* com dieta de baixa proteína e sem renovação de água,  
234 durante 94 dias de cultivo, obtiveram leituras semelhantes ao presente estudo entre o 40° e 50°  
235 dia. Asaduzzaman et al. (2008), investigando diferentes relações C/N no cultivo do  
236 *Macrobrachium rosenbergii*, observaram reduções da transparência devido ao aumento da  
237 relação C/N de 10 para 20, com valores médios de 27,58 cm ao final de 120 dias de cultivo. A  
238 utilização do Disco de Secchi, associado ao cone de Imhoff, pode constituir uma ferramenta  
239 essencial no controle dos sólidos suspensos, principalmente para pequenos produtores  
240 dispostos a adotar a pré-engorda como etapa do ciclo de produção. Jamu et al. 1999 afirmam  
241 que a transparência é amplamente utilizada na aquicultura tradicional como indicador das  
242 concentrações de fitoplâncton, servindo como base para alteração da fertilização, taxas de  
243 troca de água, entre outras medidas de manejo.

244 O volume de flocos também esteve diretamente ligado ao aumento das densidades de  
245 cultivo. Os valores registrados variaram de 0,17±0,29 a 4,33±1,76 ml/L para o tratamento  
246 com 2000 camarões/m<sup>2</sup> e de 1,50±0,71 a 11,00±2,83 ml/L para o tratamento com 12000  
247 camarões/m<sup>2</sup>, entre o 2° e o 44° dia de cultivo, respectivamente. O aumento no nível de flocos  
248 com o aumento das densidades pode ser explicado pela maior disponibilidade de substrato  
249 orgânico originado do alimento não consumido e principalmente das fezes.

250 A formação de flocos entre os tratamentos ocorreu de maneira mais acentuada nos  
251 últimos 20 dias de cultivo (Figura 1). Avnimelech (2007) cita volumes entre 20 e 30 ml/L no  
252 cultivo de tilápias. Schweitzer et al. (2008), ao utilizarem sistemas fechados, com 250  
253 camarões/m<sup>2</sup> e duração de 116 dias, verificaram níveis de 80 ml/L com índices produtivos  
254 satisfatórios. Alguns autores alertam sobre a necessidade de controlar os níveis de sólidos

255 sedimentáveis, uma vez que o excesso de material particulado pode causar prejuízos à  
256 estabilidade química do sistema e danos físicos nos animais, como a oclusão das brânquias.  
257 Samocha et al. (2007) relatam níveis menores que 10 ml/L de sólidos sedimentáveis ou 500  
258 mg/L de sólidos suspensos totais como parâmetro para a implementação de medidas  
259 corretivas em sistemas com renovação de água limitada, enquanto Cohen et al. (2005) e Azim  
260 e Little (2008) adotam valores entre 120 e 500 mg/L. A utilização de tanques de  
261 sedimentação, filtros e a adoção de limites no aporte de fontes de C podem ser adotados em  
262 casos onde haja necessidade de controlar o volume de flocos microbianos. No presente estudo  
263 não foram notados prejuízos associados à produção de flocos.

264 A alcalinidade, apesar de aumentar ao longo do cultivo, apresentou concentrações  
265 abaixo do limite mínimo de 75 mg/L recomendado por Davis et al. (2004) para o cultivo do *L.*  
266 *vannamei*. Os valores médios entre os tratamentos variaram de  $22,06 \pm 3,67$  a  $39,67 \pm 10,71$ ,  
267 entre a primeira e a última semana da pré-engorda. Após os 45 dias de cultivo observou-se  
268 uma menor incorporação de sais de cálcio nos tratamentos com densidades entre 8000 e  
269 12000 camarões/m<sup>2</sup>, apresentando valores finais entre  $28,00 \pm 0,00$  e  $34,67 \pm 4,62$  mg/L, enquanto  
270 nas menores densidades, os valores estiveram entre  $45,33 \pm 2,31$  e  $50,67 \pm 4,62$  mg/L.  
271 Possivelmente, as aplicações de calcário dolomítico não surtiram o efeito esperado devido ao  
272 processo de nitrificação, teoricamente mais intenso em densidades mais elevadas, responsável  
273 pela liberação de íons de hidrogênio que neutralizam a alcalinidade (Boyd e Clay 2002).  
274 Ebeling et al. (2006) afirma que o consumo da alcalinidade como fonte de carbono ( $3,57$  g/g  
275 N-NH<sub>4</sub>), apesar de ocorrer de forma moderada, é um aspecto importante em sistemas com  
276 troca de água limitada, fazendo-se necessário a adição de carbonatos, usualmente na forma de  
277 bicarbonato de sódio para manter a alcalinidade entre 100 e 150 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Feng et al  
278 (2007) constataram que níveis iniciais inadequados de CaCO<sub>3</sub> podem prejudicar o processo de

279 oxidação da amônia a nitrito, ao estudarem os efeitos da alcalinidade no processo de  
280 nitrificação parcial.

281 Os valores médios da dureza da água estiveram entre  $147,11 \pm 9,65$  e  $161,33 \pm 17,01$   
282 mg/L ao longo do experimento. De acordo com Wurts (2002), animais aquáticos podem  
283 tolerar amplas variações nos níveis de dureza, com teores desejáveis entre 75 e 200 mg/L  
284  $\text{CaCO}_3$ . Nunes (2001) recomenda como níveis mínimos aceitáveis para o cultivo de  
285 crustáceos em água doce concentrações acima de 50 mg/L.

286 A amônia não-ionizada ( $\text{NH}_3$ ) apresentou os menores valores médios entre  $0,17 \pm 0,18$   
287 e  $0,15 \pm 0,15$  mg/L, para os tratamentos com 2000 e 4000 camarões/m<sup>2</sup>, respectivamente. A  
288 média registrada entre os tratamentos com as maiores densidades (6000 a 12000 camarões/m<sup>2</sup>)  
289 foi 31,25% superior a média dos tratamentos com menores densidades (2000 e 4000  
290 camarões/m<sup>2</sup>). Apesar da diferença numérica considerável ao comparar as médias entre as  
291 menores e as maiores densidades, todos os tratamentos apresentaram valores máximos acima  
292 dos parâmetros considerados ideais, variando entre 0,66 e 0,98 mg/L. Lin e Chen (2001)  
293 adotaram 0,12 mg/L como um valor seguro para cultivos em salinidades de 15 g/L. Frías-  
294 Espericueta et al. (1999), estudando a toxicidade da amônia em juvenis de *L. vannamei*,  
295 estabeleceram 0,29 mg/L como nível seguro para camarões com 0,99 g. De acordo com Lin e  
296 Chen (2001), os níveis de segurança para o *L. vannamei* podem ser 75% menores quando  
297 cultivados em salinidades de 15 g/L, se comparados a cultivos com 35 g/L, indicando uma  
298 estreita relação entre o aumento da toxicidade da amônia não-ionizada e reduções nos níveis de  
299 salinidade. Durante o período de estudo, a salinidade ocupou uma faixa entre 0,5 e 0,8 g/L nos  
300 tanques experimentais, onde provavelmente os limites de segurança são menores. As  
301 concentrações médias da amônia ( $\text{NH}_3$ ) ao longo do cultivo estão representadas na Figura 2A.

302 Durante a pré-engorda, os níveis médios do nitrito apresentaram valores mais altos  
303 durante a última semana, entre  $0,39 \pm 0,35$  e  $0,85 \pm 0,00$  mg/L, nos tratamentos com 2000 e

304 12000 camarões/m<sup>2</sup>, respectivamente. No entanto, entre o 6º e 39º dia, houve uma tendência  
305 de queda dos teores entre os tratamentos (Figura 2B). Lin e Chen (2003) indicam 6,1 mg/L  
306 para o nitrito como um nível seguro para cultivos em 15 g/L de salinidade. Os resultados  
307 encontrados para esta variável diferem dos obtidos por Decamp et al. (2003) e González-Félix  
308 et al. (2007), que relatam o acúmulo do nitrito em cultivos do *L. vannamei* em baixa  
309 salinidade e troca zero.

310 O nitrato constitui um componente importante no suporte ao crescimento microbiano,  
311 embora não seja a principal fonte de N consumida pelas bactérias (Kirchman e Wheeler  
312 1998). Os valores médios do nitrato aumentaram gradualmente ao longo do experimento,  
313 variando de 0,56±1,22 a 13,28±3,75 mg/L, entre a primeira e a última semana de cultivo  
314 (Figura 2C). As maiores médias na última semana foram registradas entre as densidades de  
315 estocagem mais altas, com 16,91±2,60; 17,64±2,26 e 14,26±3,13 mg/L para 8000, 10000 e  
316 12000 camarões/m<sup>2</sup>, respectivamente. A redução dos teores de nitrito, seguida do acúmulo de  
317 nitrato no sistema, sugere a atividade de bactérias nitrito-oxidantes.

318 Os índices encontrados para o fósforo total confirmam a tendência de acumulação  
319 desse nutriente em sistemas fechados (Funge-Smith e Briggs 1998; McIntosh et al. 2000a);  
320 Thakur e Lin 2003; Wasielesky et al. 2006b). Os valores médios entre os tratamentos  
321 evoluíram de 0,54±0,14 para 1,40±0,36 mg/L, entre o início e o fim do cultivo.

322 A adição de carbono orgânico se mostrou bastante favorável ao desenvolvimento das  
323 bactérias heterotróficas. Após o povoamento, observou-se um rápido crescimento  
324 populacional em resposta ao aumento da relação C/N realizado através da introdução de  
325 melaço. McIntosh (2000b), Boyd e Clay (2002) e Burford et al. (2003), avaliando cultivos em  
326 Belize, relatam variações entre  $1,0 \times 10^5$  e  $1,0 \times 10^9$ ;  $3,4$  e  $5,4 \times 10^7$  e  $1,0 \times 10^5$  e  $1,0 \times 10^8$   
327 UFC/ml, respectivamente. As concentrações médias de bactérias heterotróficas encontradas  
328 entre os tratamentos oscilaram entre  $0,9 \times 10^6$  e  $2,1 \times 10^6$  UFC/ml (Tabela 3), com valores

329 máximos de  $1,6 \times 10^7$  UFC/ml. O desenvolvimento das bactérias autotróficas ocorreu de  
330 forma bastante lenta se comparado ao das heterotróficas, com valores entre  $1,1 \times 10^4$  e  $3,4 \times$   
331  $10^4$  UFC/ml, possivelmente resultado de um processo de exclusão competitiva. De acordo  
332 com Leonard et al. (2002) e Nogueira et al. (2002), existe uma intensa competição entre  
333 bactérias heterotróficas e autotróficas em sistemas de cultivo. Michaud et al. (2006), sugerem  
334 que as bactérias heterotróficas se desenvolvem rapidamente, formando uma camada sobre o  
335 biofilme, prejudicando o crescimento das bactérias autotróficas nitrificantes através da  
336 redução nos níveis de oxigênio e amônia em camadas mais profundas.

337 As variáveis produtivas utilizadas para avaliar o desempenho zootécnico durante a  
338 produção de juvenis do *Litopenaeus vannamei* em meio heterotrófico e baixa salinidade estão  
339 sumarizadas na Tabela 4.

340 A sobrevivência foi inversamente proporcional ao aumento das densidades (Figura  
341 3A), havendo diferença estatística entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). As maiores taxas de  
342 sobrevivência foram obtidas nos tratamentos com as densidades de 2000 e 4000 camarões/m<sup>2</sup>,  
343 com  $107,99 \pm 7,60$  e  $89,14 \pm 4,28\%$ , respectivamente. Nas demais densidades foram observadas  
344 sobrevivências médias abaixo de 60%, com os piores resultados para as densidades superiores  
345 a 10000 camarões/m<sup>2</sup>. Samocha et al. (2006) relatam sobrevivências de 96,30, 97,80 e 100%  
346 em densidades de 3780, 5010 e 6500 pós-larvas/m<sup>3</sup>, respectivamente, apesar de altos níveis de  
347 amônia e nitrito ao longo de 74 dias de cultivo. Samocha et al. (2003) mencionam cultivos  
348 bem sucedidos em raceway e baixa salinidade (2,0 a 2,6 g/L), com densidades de  $19800 \pm 850$   
349 camarões/m<sup>2</sup> e sobrevivências de  $98,10 \pm 2,90$ , após 35 dias de estocagem. Arnold et al. (2006)  
350 avaliando densidades de 5720 e 11430 camarões/m<sup>3</sup>, durante a produção intensiva de juvenis  
351 do *Penaeus sculentus*, obtiveram índices de sobrevivência entre  $21,20 \pm 2,70$  e  $31,90 \pm 12,00\%$ ,  
352 observando que nos cultivos mais intensivos os eventos com altas mortalidades ocorreram de  
353 forma mais frequente.

354 No presente experimento, durante a segunda semana de cultivo, foram observadas  
355 mortalidades massivas em duas unidades experimentais, com densidades de 10000 e 12000  
356 camarões/m<sup>2</sup>, resultando na perda das parcelas. Como estratégia adotou-se a redução do  
357 fornecimento de ração, máximo de 3% da biomassa estimada, além da redução de 40 para  
358 25% nos níveis de proteína bruta, não sendo notadas perdas posteriores nas demais parcelas.  
359 Inicialmente, a oferta de ração havia sido estabelecida em 15% da biomassa cultivada,  
360 reduzindo-se progressivamente até 8% ao final dos 45 dias de cultivo. As baixas  
361 sobrevivências nas altas densidades foram associadas à exposição dos juvenis de *L. vannamei*  
362 a amônia não-ionizada, fato que precisa ser melhor investigado. De acordo com Lin e Chen  
363 (2001) e Li et al. (2007), a toxicidade da amônia não-ionizada aumenta com o tempo de  
364 contato. O baixo desempenho também pode estar relacionado à presença de camarões  
365 debilitados, resultado do alto custo energético relacionado à atividade de osmorregulação,  
366 associado a interações comportamentais, como a disputa por alimento e canibalismo, mais  
367 intensos em ambientes com baixas salinidades e altas densidades de cultivo. Davis et al.  
368 (2005) e Kuhn et al. (2007) alertam sobre a importância do equilíbrio iônico no cultivo de  
369 camarões, ressaltando que níveis inadequados de minerais podem comprometer as taxas de  
370 sobrevivência.

371 O peso médio final não foi estatisticamente diferente entre os tratamentos ( $P \geq 0,05$ ),  
372 com valores entre  $85,55 \pm 63,30$  e  $105,37 \pm 89,64$  mg. Os resultados obtidos são similares aos de  
373 Samocha et al. (2003), com peso médio de  $111,78 \pm 9,93$  mg, nas densidades de  $19800 \pm 850$   
374 camarões/m<sup>2</sup>, como citado anteriormente. Os valores encontrados para o peso médio foram  
375 muito abaixo dos índices alcançados por McAbee et al. (2003), Cohen et al. (2005) e  
376 Samocha et al. (2007), que relatam pesos médios entre 0,55 e 2,01 g, em cultivos intensivos  
377 com densidades entre 1830 e 3300 camarões/m<sup>3</sup> e duração de 28 a 60 dias. O baixo  
378 crescimento em peso pode estar relacionado à restrição alimentar adotada durante o ciclo de

379 cultivo, apesar de teoricamente as partículas floculadas contribuírem substancialmente para a  
380 nutrição dos animais cultivados (Ritvo et al. 2003), reduzindo a necessidade de alimento  
381 formulado (Chamberlain et al. 2001). Samocha et al. (2000) e Cohen et al. (2005) ao  
382 cultivarem o *L. vannamei* adotaram taxas de alimentação diárias iniciais entre 14 e 25% da  
383 biomassa total, com reduções graduais, finalizando entre 8 e 12,5%. Zelaya e Rouse (2004)  
384 relatam variações de 50 a 15% entre o povoamento e a despesca de camarões juvenis.  
385 McIntosh et al. (2001) citam a adoção de taxas de arraçoamento de 3%, semelhantes as  
386 utilizadas no presente experimento, na fase final de engorda.

387 O baixo crescimento em peso resultou em valores de  $\theta$  menores que 3, indicando um  
388 crescimento alométrico negativo dos camarões cultivados (Tabela 5), não havendo diferença  
389 estatística entre os modelos gerados ( $P \geq 0,05$ ). Chow e Sandifer (1991), avaliando as  
390 características morfométricas do *L. vannamei*, afirmam que fatores ambientais podem afetar o  
391 crescimento dos camarões. De acordo com Murphy et al. (1991), o adensamento afeta  
392 claramente a relação peso-crescimento dos organismos e valores de  $\theta$  menores que 3 podem  
393 indicar problemas ligados ao número de indivíduos por unidade de área, como também  
394 prejuízos provocados por problemas nutricionais.

395 Os valores do FCA e da biomassa final apresentaram diferença estatística entre as  
396 densidades de cultivo ( $P > 0,05$ ). O FCA se apresentou dentro dos padrões aceitáveis para  
397 cultivos comerciais, entre  $0,73 \pm 0,03$  e  $1,47 \pm 0,06$ , havendo um incremento nos valores  
398 encontrados com o aumento das densidades (Figura 3B). A biomassa final foi inferior aos  
399 resultados encontrados por outros autores (Zelaya e Rose 2004; Cohen et al. 2005; Samocha  
400 et al. 2007; Mishra et al. 2008), influenciada pelo baixo desempenho em ganho de peso e  
401 sobrevivência dos camarões. Os maiores valores ( $362,50 \pm 60,81$  e  $390,00 \pm 16,97$  g) foram  
402 encontrados nos tratamentos com 10000 e 12000 camarões/m<sup>2</sup>, constatando-se uma influência  
403 positiva do incremento das densidades de cultivo na biomassa produzida (Figura 3C).

**404 Conclusão**

405 O aumento das densidades de estocagem prejudicou o desempenho zootécnico dos  
406 juvenis do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, observando-se uma relação inversa entre  
407 as taxas de sobrevivência e as densidades adotadas durante a produção intensiva. No entanto,  
408 os resultados demonstraram que a produção do *L. vannamei* pode ser realizada em baixa  
409 salinidade (0,5 g/L) e meio heterotrófico, com excelentes índices de sobrevivência e taxas de  
410 conversão alimentar, principalmente em densidades entre 2000 e 4000 camarões/m<sup>2</sup>.  
411 Adicionalmente, recomenda-se a realização de novos estudos para definir concentrações  
412 iônicas capazes de favorecer o desenvolvimento/atividade da comunidade bacteriana e o  
413 crescimento dos camarões nas condições do presente experimento.

414

**415 Agradecimentos**

416 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo  
417 fomento através de bolsa de pesquisa e a Agência Financiadora de Estudos e Projetos  
418 (FINEP), através da Rede de Carcinicultura do Nordeste (RECARCINE), pelo apoio  
419 financeiro necessário para o desenvolvimento do projeto. A Agribands Purina do Brasil Ltda.  
420 e a Yara Brasil Fertilizantes S.A. pelo apoio através do fornecimento de ração e fertilizantes  
421 utilizados durante o experimento.

422

423

424

425

426

427

428

429 **Referências Bibliográficas**

430 A.P.H.A / A.A.W.W.A / W.E.F. (1995) Standard methods for the examination of water and  
431 wastewater. 19 ed. Washington: A.P.H.A.

432 Arnold SJ, Sellars, MJ, Crocos PJ, Coman GJ (2006) An evaluation of stocking density on the  
433 intensive production of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*). Aquaculture  
434 256:174–179.

435 Asaduzzaman M, Wahab MA, Verdegem MCJ, Huque S, Salam MA, Azim ME (2008) C/N  
436 ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater  
437 prawn *Macrobrachium rosenbergii* production ponds. Aquaculture 280:117-123.

438 Avnimelech Y (1999) C/N ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture  
439 176:227–235.

440 Avnimelech Y (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs  
441 technology ponds. Aquaculture 264:140–147.

442 Azim ME, Little DC (2008) The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality,  
443 biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).  
444 Aquaculture 283:29-35.

445 Barbieri Junior RC, Ostrensky Neto A (2002) Camarões marinhos: engorda. Ed. Aprenda  
446 Fácil, Viçosa.

447 Boyd CE (2001) Manejo da qualidade de água na aquicultura e no cultivo do camarão  
448 marinho. Tradução Josemar Rodrigues. Associação Brasileira de Criadores de Camarão  
449 (ABCC), Recife.

450 Boyd CE. Clay JW (2002) Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp  
451 Aquaculture System. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO  
452 Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public  
453 Discussion. Published by the Consortium. 17 pp.

- 454 Burford MA, Thompson PJ, McIntosh RP, Bauman RH, Pearson DC (2003) Nutrient and  
455 microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*  
456 219:393-411.
- 457 Chamberlain G, Avnimelech Y, McIntosh RP, Velasco M (2001) Advantages of Aerated  
458 Microbial Reuse Systems with balanced C:N – III: Practical applications. *Global Aquaculture*  
459 *Advocate*, October, 50-54.
- 460 Chow S, Sandifer PA (1991) Differences in growth, morphometric traits, and male sexual  
461 maturity among Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, from different commercial  
462 hatcheries. *Aquaculture* 92:165-178.
- 463 Cohen J, Samocha TM, Fox JM, Gandy RL, Lawrence AL (2005) Characterization of water  
464 quality factors during intensive raceway production of juvenile *Litopenaeus vannamei* using  
465 limited discharge and biosecure management tools. *Aquacultural Engineering* 32:425-442.
- 466 Cuzon G, Laurence A, Gaxiola G, Rosas C, Guillaume J (2004) Nutrition of *Litopenaeus*  
467 *vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235:513-531.
- 468 Davis DA, Samocha TM, Boyd CE (2004) Acclimating pacific white shrimp, *Litopenaeus*  
469 *vannamei*, to inland, low-salinity waters. In: Southern Regional Aquaculture Center  
470 Publication n. 2601. <<http://www.ca.uky.edu/wkrec/2601fs.PDF>>. Cited 15 de Jan 2009.
- 471 Davis DA, Boyd CE, Rouse DB, Saoud IP (2005) Effects of Potassium, Magnesium and Age  
472 on Growth and Survival of *Litopenaeus vannamei* Post-Larvae Reared in Inland Low Salinity  
473 Well Waters in West Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society* 36(3):416-419.
- 474 Decamp O, Cody J, Conquest L, Delanoy G, Tacon AG (2003) Effect of salinity on natural  
475 community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-water  
476 exchange culture systems. *Aquaculture Research* 34:345-355.

- 477 Ebeling MJ, Timmons MB, Bisogni JJ (2006) Engineering analysis of the stoichiometry of  
478 photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture  
479 systems. *Aquaculture* 257:346-358.
- 480 Feng YJ, Tseng SK, Hsia TH, Ho CM, Chou WP (2007) Partial nitrification of ammonium-  
481 rich wastewater as pretreatment for Anaerobic Ammonium Oxidation (Anammox) using  
482 Membrane Aeration Bioreactor. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 104(3):182-187.
- 483 Frías-Espéricueta MG, Harfush-Melendez M, Osuna-López JI, Páez-Osuna F (1999) Acute  
484 Toxicity of Ammonia to Juvenile Shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bull. Environ. Contam.*  
485 *Toxicol.* 62:646-652.
- 486 Funge-Smith SJ, Briggs MRP (1998) Nutrient budgets in intensive shrimp ponds:  
487 implications for sustainability. *Aquaculture* 164:117-133.
- 488 Gonçalves-Dias SLF, Teodósio ASS (2006) Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e  
489 “descaminhos” da embalagem PET. *Produção* 16(3):429-441.
- 490 González-Felix ML, Gómez-Jiménez S, Perez-Velazquez M, Davis DA, Velazco-Rameños  
491 JG (2007) Nitrogen budget for a low-salinity, zero-water exchange culture system: I. Effect of  
492 dietary protein level on the performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture*  
493 *Research* 38:798-808.
- 494 Jamu DM, Lu Z, Piedrahita RH (1999) Relationship between Secchi disk visibility and  
495 chlorophyll a in aquaculture ponds. *Aquaculture* 170:205-214.
- 496 Jory DE, Cabrera TR, Dugger DM, Fegan DD Criação de camarões em águas interiores:  
497 situação, problemas e perspectivas. *qüicultura responsável para um futuro seguro: Trabalhos*  
498 *da Sessão Especial do Camarão Cultivado. World Aquaculture 2003. The World Aquaculture*  
499 *Society, Baton Rouge, Louisiana 70803. Estados Unidos, 2003. Traduzido: ABCC.*
- 500 King M (2007) *Fisheries Biology, Assessment and Management.* Blackwell, Oxford.

- 501 Kirchman DL, Wheeler PA (1998) Uptake of ammonium and nitrate by heterotrophic bacteria  
502 and phytoplankton in the sub-Arctic Pacific. *Deep-Sea Research I* 45:347-365.
- 503 Kuhn DD, Boardman GD, Craig SR, Flick Jr GJ, McLean E (2007) Evaluation of Tilapia  
504 Effluent with Ion Supplementation for Marine Shrimp Production in a Recirculating  
505 Aquaculture System. *Journal of the World Aquaculture Society* 38(1):74-83.
- 506 Leonard N, Guiraud JP, Gasset E, Cailleres JP, Blancheton JP (2002) Bacteria and nutrients –  
507 nitrogen and carbon – in a recirculating system for sea bass production. *Aquacultural  
508 Engineering* 26:111–127.
- 509 Li E, Chen L, Zeng C, Chen X, Yu N, Lai Q, Qin JG (2007) Growth, body composition,  
510 respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp,  
511 *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture* 265:385–390
- 512 Lin YC, Chen JC (2001) Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone  
513 juveniles at different salinity levels. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*  
514 259:109-119.
- 515 Lin YC, Chen JC (2003) Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles  
516 at different salinity levels. *Aquaculture* 224:193-201.
- 517 McAbee BJ, Browdy CL, Rhodes R, Stokes AD (2003) Greenhouse Raceways – Considered  
518 for Superintensive U.S. Shrimp Production. *Global Aquaculture Advocate*, June, 40-43.
- 519 McIntosh D, Samocha TM, Jones ER, Lawrence AL, Mckee DA, Horowitz S, Horowitz A  
520 (2000a) The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of  
521 *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water  
522 exchange. *Aquacultural Engineering* 21:215-227.
- 523 McIntosh PR (2000b) Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and  
524 feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate*, 3:44–50.

- 525 McIntosh D, Samocha TM, Jones ER, Lawrence AL, McKee DA, Horowitz S, Horowitz A  
526 (2001) Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and  
527 sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system  
528 with limited water discharge. *Aquacultural Engineering* 25:69-82.
- 529 Michaud L, Blancheton JP, Bruni V, Piedrahita R (2006) Effect of particulate organic carbon  
530 on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters.  
531 *Aquacultural Engineering* 34:224–233.
- 532 Miranda FR, Lima RN, Crisóstomo LA, Santana MGS (2008) Reuse of inland low-salinity  
533 shrimp farm effluent for melon irrigation. *Aquacultural Engineering* 39:1–5.
- 534 Mishra JK, Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Gandy RL, Ali AM (2008) Performance of an  
535 intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited  
536 discharge condition. *Aquacultural Engineering* 38:2–15.
- 537 More WR, Frelief P (2003) Doenças dos camarões: prevenção e controle. *Aquicultura*  
538 responsável para um futuro seguro: Trabalhos da Sessão Especial do Camarão Cultivado.  
539 World Aquaculture 2003. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana 70803.  
540 Estados Unidos, 2003. Traduzido: ABCC.
- 541 Murphy BR, Willis DW, Springer TA (1991) The Relative Weight Index in Fisheries  
542 Management: Status and Needs. *Fisheries* 16(2): 30-38.
- 543 Naylor RL, Goldburg RJ, Mooney H, Beveridge M, Clay J, Folke C, Kautsky N, Lubchenco  
544 J, Primavera J, Williams M (1998) Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science*  
545 282:883– 884.
- 546 Nogueira R, Melo LF, Purkhold U, Wuertz S, Wagner M (2002) Nitrifying and heterotrophic  
547 population dynamics in biofilm reactors: effects of hydraulic retention time and the presence  
548 of organic carbon. *Water Research* 36:469-481.

- 549 Nunes AJP (2001) O cultivo do *Litopenaeus vannamei* em águas oligohalinas. Panorama da  
550 Aquicultura, Julho/Agosto 26-35.
- 551 Nunes AJP (2002) O impacto da temperatura no cultivo de camarões marinhos. Revista da  
552 Associação Brasileira de Criadores de Camarão 4:43-51.
- 553 Ritvo G, Dassa O, Kochba (2003) Salinity and pH on the colloidal properties of suspended  
554 particules in super intensive aquaculture systems. Aquaculture 218:379-386.
- 555 Rocha IP (2003a) Shrimp Aquaculture Grows in Brazil - Farms Boast High Productivity.  
556 Global Aquaculture Advocate, April, 71-73.
- 557 Rocha IP, Silva LSR, Carvalho RA (2003b) Secondary nurseries support changing needs of  
558 growing shrimp. Global Aquaculture Advocate, December, 75-76.
- 559 Roy LA, Davis DA, Saoud IP, Henry RP (2007) Effects of varying levels of aqueous  
560 potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp,  
561 *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. Aquaculture 262:461-469.
- 562 Samocha T, Cordova J, Blacher T, Wind A (2000) Raceway Nursery Production Increases  
563 Shrimp Survival and Yields in Ecuador. Global Aquaculture Advocate, December, 66-68.
- 564 Samocha TM, Gandy RL, McMahon DZ, Mogollón M, Smiley RA, Blacher TS, Wind A,  
565 Figueras E, Velasco M (2003) O papel dos sistemas de berçários para melhorar a eficiência de  
566 produção das fazendas de camarão. Aquicultura responsável para um futuro seguro: Trabalhos  
567 da Sessão Especial do Camarão Cultivado. World Aquaculture 2003. The World Aquaculture  
568 Society, Baton Rouge, Louisiana 70803. Estados Unidos, 2003. Traduzido: ABCC.
- 569 Samocha TM, Lopez IM, Jones ER, Jackson S, Lawrence AL (2004) Characterization of  
570 intake and effluent waters from intensive and semi-intensive shrimp farms in Texas.  
571 Aquaculture Research 35:321-339.
- 572 Samocha TM, Patnaik S, Gandy RL (2006) Heterotrophic intensification of pond shrimp  
573 production. Panorama Acuicola Magazine, May/June, 40-50.

- 574 Samocha TM, Patnaik S, Speed M, Ali A, Burger JM, Almeida RV, Ayub Z, Harisanto M,  
575 Horowitz A, Brock DL (2007) Use of molasses as source in limited discharge nursery and  
576 grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering* 36:184-191.
- 577 Schryver PD, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W (2008) The basics of bio-flocs  
578 technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277:125-137.
- 579 Schweitzer R, Andreatta ER, Souza J, Arantes R, Seiffert WQ (2008) O cultivo com bioflocos  
580 – engorda e formação de matrizes de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da Aquicultura*  
581 Maio/Junho 38-43.
- 582 Serfling SA (2006) Microbial Flocs - Natural Treatment Method Supports Fresh-Water,  
583 Marine Species in Recirculating Systems. *Global Aquaculture Advocate*, June, 34-36.
- 584 Sowers AD, Gatlin DM, Young SP, Isely JJ, Browdy CL, Tomasso JR (2005) Responses or  
585 *Litopenaeus vannamei* (Boone) in water containing low concentrations of total dissolved  
586 solids. *Aquaculture Research* 36:819-823.
- 587 Tacon AGJ, Cody JJ, Conquest LD, Divakaran S, Forster IP, Decamp OE (2002) Effect of  
588 culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus*  
589 *vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* 8:121-137.
- 590 Thakur DP, Lin Ck (2003) Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus*  
591 *monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering* 27:159-176.
- 592 Valença AR, Mendes GN (2004) Importância da Composição Iônica da água Oligohalina e  
593 “Doce” no Cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Panorama da Aquicultura* Novembro/Dezembro  
594 23-29.
- 595 Wang JK (1990) Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. *Aquacultural*  
596 *Engineering* 9:61-73.

- 597 Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL (2006a) Effect of natural production in a  
598 zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white  
599 shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258:396-403.
- 600 Wasielesky W, Emerenciano M, Ballester E, Soares R, Cavalli R, Abreu PC (2006b) Cultivos  
601 em meios com flocos microbianos: um novo caminho a ser percorrido. *Panorama da*  
602 *Aquicultura* Julho/Agosto 14-23.
- 603 Wurtz WA (2002) Alkalinity and hardness in production ponds. *World Aquaculture* 33(1):16-  
604 17.
- 605 Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey.
- 606 Zelaya O, Rouse DB (2004) Stocking Density, Nursery Duration Influence Shrimp Growth,  
607 Survival During Growout. *Global Aquaculture Advocate*, April, 79-80.

Tabela 1. Variáveis físico-químicas da qualidade da água nos tanques de cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade e meio heterotrófico, no período de 45 dias, em diferentes densidades de estocagem (média  $\pm$  erro padrão, amplitude entre parênteses).

Variáveis	Densidade de cultivo (camarões/m <sup>2</sup> )					
	2000	4000	6000	8000	10000	12000
pH <sup>A</sup>	7,82 $\pm$ 0,23 (7,27-8,50)	7,70 $\pm$ 0,20 (6,96-8,10)	7,68 $\pm$ 0,20 (7,01-8,00)	7,60 $\pm$ 0,19 (7,10-8,00)	7,49 $\pm$ 0,15 (7,14-7,82)	7,49 $\pm$ 0,97 (6,96-7,70)
Temperatura (°C) <sup>A</sup>	26,98 $\pm$ 0,86 (25,70-29,00)	26,83 $\pm$ 0,87 (25,40-29,10)	26,83 $\pm$ 0,83 (25,60-28,90)	26,80 $\pm$ 0,81 (25,50-28,90)	26,78 $\pm$ 0,79 (25,40-28,60)	26,80 $\pm$ 0,77 (25,60-28,50)
OD (mg/L) <sup>A</sup>	7,11 $\pm$ 0,48 (5,50-7,90)	7,08 $\pm$ 0,48 (5,40-7,80)	7,05 $\pm$ 0,52 (5,20-8,10)	7,01 $\pm$ 0,48 (5,20-7,70)	6,93 $\pm$ 0,49 (5,50-7,60)	6,90 $\pm$ 0,52 (4,90-7,70)
Alcalinidade Total <sup>A</sup> (mg/L)	38,67 $\pm$ 15,38 (16,00-56,00)	33,78 $\pm$ 12,02 (16,00-48,00)	38,67 $\pm$ 12,22 (16,00-60,00)	31,56 $\pm$ 5,39 (16,00-40,00)	25,00 $\pm$ 5,20 (16,00-28,00)	27,33 $\pm$ 6,43 (16,00-36,00)
Dureza Total <sup>A</sup> (mg/L)	154,67 $\pm$ 18,48 (128,00-172,00)	147,11 $\pm$ 9,65 (120,00-172,00)	152,44 $\pm$ 12,67 (124,00-172,00)	155,56 $\pm$ 9,37 (140,00-188,00)	152,67 $\pm$ 20,56 (128,00-176,00)	161,33 $\pm$ 17,01 (128,00-196,00)
Amônia (mg/L NH <sub>3</sub> ) <sup>C</sup>	0,17 $\pm$ 0,18 (0,00-0,90)	0,15 $\pm$ 0,15 (0,00-0,85)	0,22 $\pm$ 0,18 (0,00-0,70)	0,19 $\pm$ 0,19 (0,00-0,66)	0,20 $\pm$ 0,18 (0,00-0,67)	0,23 $\pm$ 0,25 (0,00-0,98)
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> ) <sup>C</sup>	0,20 $\pm$ 0,19 (0,00-0,85)	0,27 $\pm$ 0,15 (0,03-1,02)	0,25 $\pm$ 0,16 (0,03-0,82)	0,25 $\pm$ 0,09 (0,03-0,69)	0,25 $\pm$ 0,11 (0,03-0,62)	0,29 $\pm$ 0,09 (0,00-0,85)
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> ) <sup>B</sup>	3,38 $\pm$ 4,12 (0,00-17,79)	4,72 $\pm$ 3,49 (0,00-10,80)	6,95 $\pm$ 5,29 (0,00-15,44)	10,56 $\pm$ 7,37 (0,00-18,95)	11,86 $\pm$ 8,30 (0,00-19,93)	13,82 $\pm$ 7,53 (0,00-19,13)
Fósforo Total (mg/L) <sup>B</sup>	0,69 $\pm$ 0,37 (0,43-0,95)	0,95 $\pm$ 0,36 (0,69-1,20)	0,77 $\pm$ 0,58 (0,36-1,18)	1,03 $\pm$ 0,41 (0,74-1,32)	1,24 $\pm$ 0,95 (0,57-1,91)	1,16 $\pm$ 1,00 (0,45-1,86)

A, B Variáveis mensuradas diariamente e quinzenalmente, respectivamente. C Variáveis mensuradas a cada 5 dias nos primeiros 30 dias e a cada 3 dias nos últimos 15 dias de cultivo.

610 Tabela 2. Variação da transparência (Disco de Secchi) ao longo do cultivo do *L. vannamei*  
 611 em diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico.

Densidade de cultivo (camarões/m <sup>2</sup> )	Dias de cultivo			
	03	14	30	44
2000	57,67±8,74 (48,00–65,00)	29,67±5,03 (25,00–35,00)	25,00±4,36 (20,00–22,00)	21,00±1,00 (20,00–22,00)
4000	60,00±0,00 (60,00–60,00)	36,67±14,15 (28,00–53,00)	32,67±6,66 (27,00–40,00)	21,33±2,52 (19,00–24,00)
6000	56,67±5,77 (50,00–60,00)	29,00±6,93 (25,00–37,00)	27,67±2,52 (25,00–30,00)	17,33±3,06 (14,00–20,00)
8000	58,33±2,89 (55,00–60,00)	28,67±3,06 (26,00–32,00)	25,00±3,61 (22,00–29,00)	18,33±4,04 (14,00–22,00)
10000	54,50±7,78 (49,00–60,00)	34,00±8,49 (28,00–40,00)	20,00±2,83 (18,00–22,00)	16,00±1,41 (15,00–17,00)
12000	42,00±2,83 (40,00–44,00)	25,50±3,54 (23,00–28,00)	17,50±3,54 (15,00–20,00)	13,00±1,41 (12,00–14,00)

612 Médias ± erro padrão (amplitude)

613

614 Tabela 3. Concentração bacteriana na água utilizada durante o cultivo do *L. vannamei* em  
 615 diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico.

Densidade de cultivo (camarões/m <sup>2</sup> )	Bactérias (UFC/ml)	
	Heterotróficas (× 10 <sup>6</sup> /ml)	Autotróficas (× 10 <sup>4</sup> /ml)
2000	1,2±2,7 (0,007–11,0)	1,3±1,4 (0,03–4,8)
4000	0,9±1,7 (0,04–7,6)	1,1±1,7 (0,03–6,2)
6000	1,8±3,7 (0,1–16,0)	1,9±2,2 (0,03–6,4)
8000	1,8±3,6 (0,08–13,0)	1,9±2,6 (0,04–10)
10000	2,1±3,2 (0,07–11,0)	1,8±2,7 (0,13–8,2)
12000	1,4±2,0 (0,1–7,5)	3,4±2,9 (0,39–9,0)

616 Médias ± erro padrão (amplitude)

617

Tabela 4. Variáveis de desempenho zootécnico do *L. vannamei* cultivado em diferentes densidades de estocagem com baixa salinidade e meio heterotrófico.

Variáveis	Densidade de cultivo (camarões/m <sup>2</sup> )					
	2000	4000	6000	8000	10000	12000
Peso inicial (mg)	5,05 <sup>a</sup> ±0,00	5,05 <sup>a</sup> ±0,00	5,05 <sup>a</sup> ±0,00	5,05 <sup>a</sup> ±0,00	5,05 <sup>a</sup> ±0,00	5,05 <sup>a</sup> ±0,00
Peso final (mg)	98,17 <sup>a</sup> ±69,27	85,89 <sup>a</sup> ±69,31	85,55 <sup>a</sup> ±63,60	89,56 <sup>a</sup> ±65,25	105,37 <sup>a</sup> ±89,64	89,30 <sup>a</sup> ±69,40
Biom. final (g)	212,06 <sup>a</sup> ±8,08	275,00 <sup>b</sup> ±11,72	288,70 <sup>b</sup> ±4,71	318,63 <sup>c</sup> ±10,92	362,50 <sup>cd</sup> ±60,81	390,00 <sup>d</sup> ±16,97
Sobrevivência (%)	107,99 <sup>a</sup> ±7,60	89,15 <sup>b</sup> ±4,28	55,99 <sup>c</sup> ±9,25	44,93 <sup>cd</sup> ±0,23	39,23 <sup>d</sup> ±1,18	37,69 <sup>d</sup> ±2,33
FCA	0,73 <sup>a</sup> ±0,03	0,89 <sup>ab</sup> ±0,04	1,04 <sup>bc</sup> ±0,01	1,21 <sup>cd</sup> ±0,04	1,40 <sup>de</sup> ±0,23	1,47 <sup>e</sup> ±0,06

Médias (±erro padrão) com letras iguais na mesma linha indicam não haver diferença estatística entre as densidades de estocagem ( $P \geq 0,05$ ).

618

619 Tabela 5. Relação do peso  $\times$  comprimento do camarão *L. vannamei* em meio  
 620 heterotrófico durante 45 dias de cultivo.

Densidade	Modelo	<sup>1</sup> R <sup>2</sup> (%)	<sup>2</sup> F	<sup>3</sup> Prob (F)
2000	W=0,0153 L <sup>2,77</sup> a <sup>4</sup>	95,83	11.037,89	<0,0001
4000	W=0,0125 L <sup>2,83</sup> a	93,39	6.341,16	<0,0001
6000	W=0,0168 L <sup>2,76</sup> a	90,34	4.274,12	<0,0001
8000	W=0,0143 L <sup>2,78</sup> a	94,55	8.483,90	<0,0001
10000	W=0,0140 L <sup>2,79</sup> a	96,07	6.646,19	0,0002
12000	W=0,0132 L <sup>2,81</sup> a	96,27	7.909,21	<0,0001

621 Densidade – número de camarões/m<sup>2</sup>; W – peso (mg); L – comprimento (mm); 1 - Coeficiente  
 622 de determinação; 2 – “F” de Snedecor; 3 - Probabilidade da estatística “F”; 4 - Letras iguais  
 623 entre modelos indicam não haver diferença entre as densidades de estocagem (P  $\geq$  0,05).  
 624  
 625  
 626  
 627  
 628  
 629  
 630  
 631  
 632  
 633  
 634  
 635  
 636  
 637  
 638  
 639  
 640  
 641  
 642  
 643  
 644  
 645  
 646  
 647  
 648  
 649  
 650  
 651  
 652  
 653  
 654  
 655  
 656  
 657  
 658  
 659

660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696

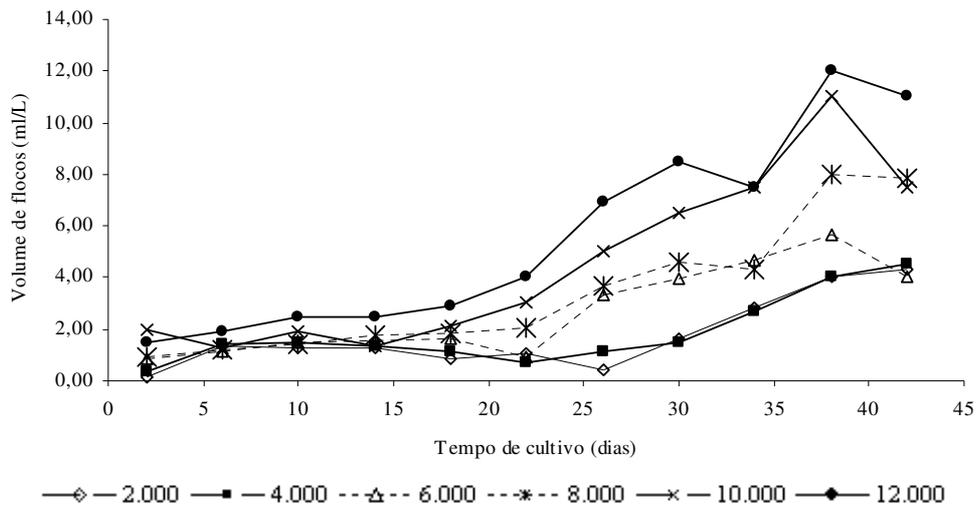


Figura 1. Formação de flocos bacterianos (Cone de Imhoff) ao longo do cultivo do *L. vannamei* em baixa salinidade e meio heterotrófico.

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

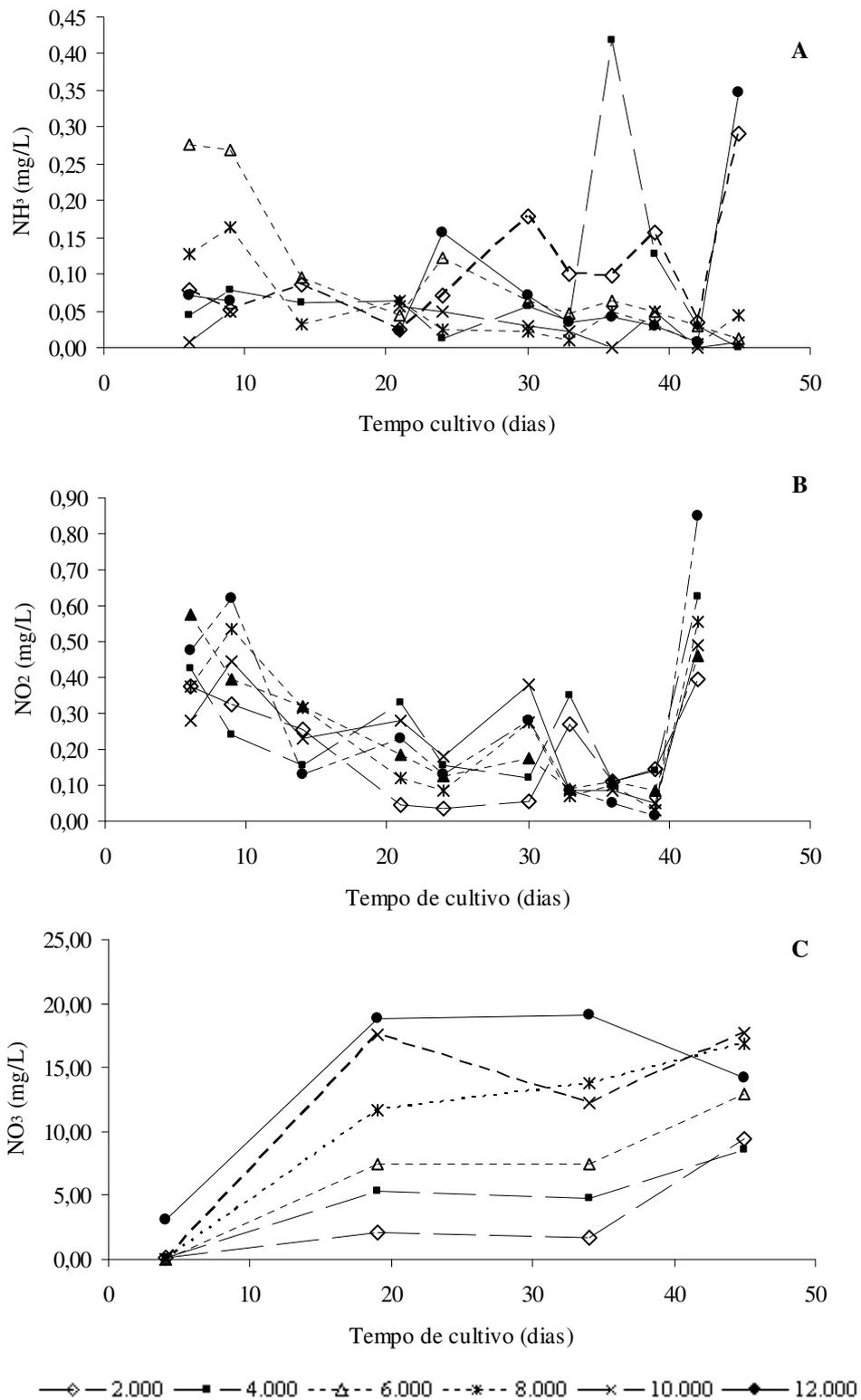


Figura 2. Concentração média da amônia não-ionizada (A), nitrito (B) e nitrato (C) ao longo de 45 dias de cultivo do *L. vannamei* em diferentes densidades com baixa salinidade e meio heterotrófico.

722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773

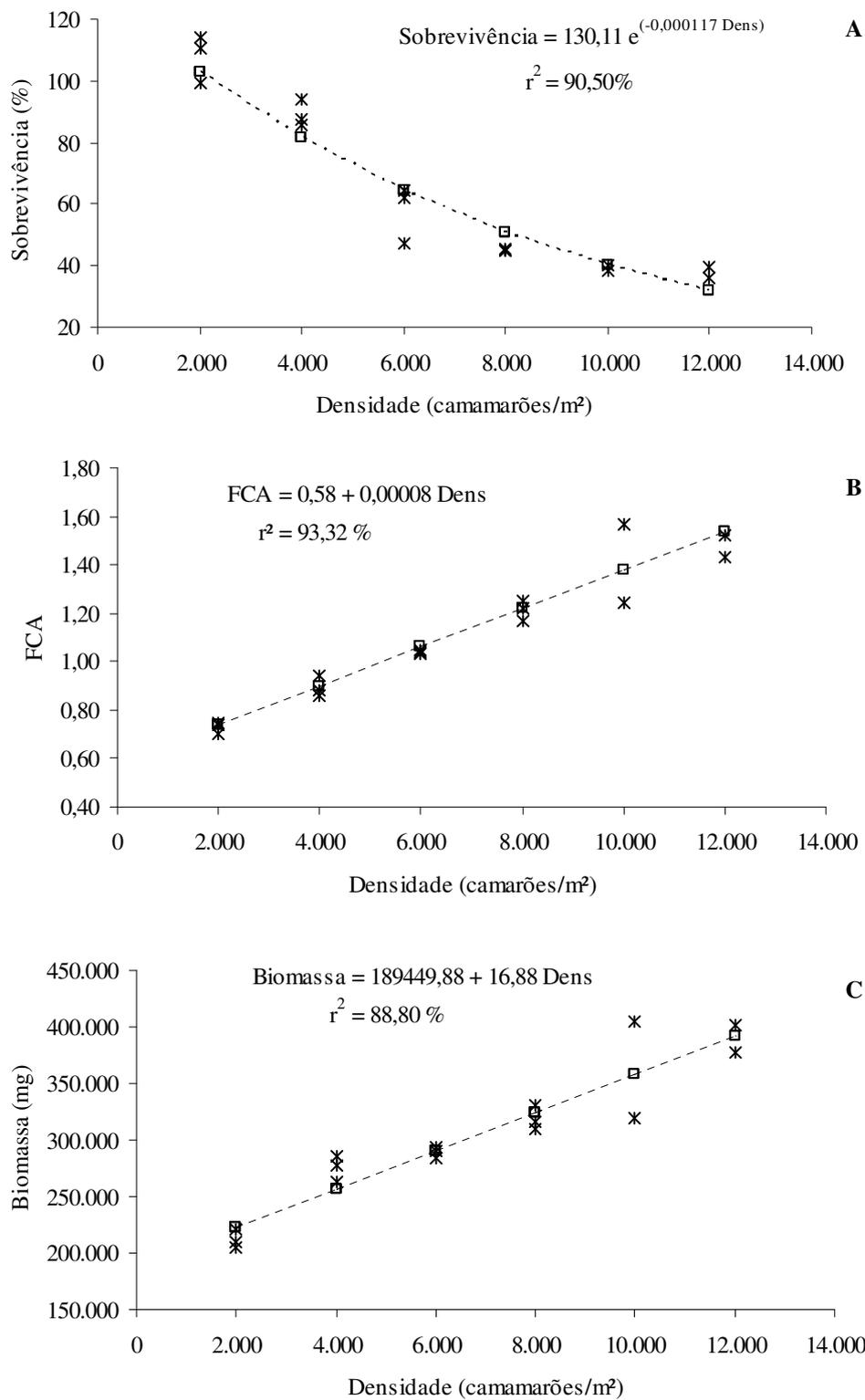


Figura 3. Influência da densidade de estocagem na sobrevivência (A), FCA (B) e biomassa final (C) do *L. vannamei* cultivado em baixa salinidade e meio heterotrófico.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de juvenis do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* pode ser realizada em baixa salinidade (0,5 g/L) e meio heterotrófico. Apesar dos excelentes índices de sobrevivência e taxas de conversão alimentar, principalmente em densidades entre 2000 e 4.000 camarões/m<sup>2</sup>, novos estudos devem ser realizados para definir concentrações iônicas capazes de favorecer o crescimento dos camarões cultivados. Sugere-se ainda a realização de pesquisas para se determinar parâmetros, correlacionando a transparência e o volume de flocos, que permitam a manutenção da qualidade de água em sistemas de bioflocos. Desta forma, a utilização do Disco de Secchi, associado ao cone de Imhoff, poderia constituir uma ferramenta simples, rápida e de baixo custo no controle dos sólidos suspensos, principalmente para pequenos produtores dispostos a adotar a produção de juvenis como etapa do ciclo de produção.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-AMEERI, A.A., CRUZ, E.M. Production and yield of *Penaeus semisulcatus* (de Haan) cultured at different densities. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 1499-1506, 2006.

ARNOLD, S.J.; et al. Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate. **Aquaculture**, v. 246, p. 231-238, 2005.

ARNOLD, S.J.; et al. Intensive production of juvenile tiger shrimp *Penaeus monodon*: An evaluation of stocking density and artificial substrates. **Aquaculture**, v. 261, p. 890-896, 2006.

ABCC. **Estatísticas Nacionais**. Disponível em: <www.abccam.com.br>. Acesso em 09/01/2009.

AVNIMELECH, Y. C/N ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, p. 227-235, 1999.

AVNIMELECH, Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 172-178, 2006.

AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140-147, 2007.

BALBI, F.; et al. Aclimatación a baja salinidad de postlarvas del camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) provenientes de dos criaderos comerciales. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 40(2), p. 109-115, 2005.

BALLESTER, E.L.C.; et al. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v. 269, p. 355-362, 2007.

BARBIERI JUNIOR, R. C.; OSTRENSKY NETO, A. **Camarões marinhos: engorda**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 370 p.

BERISTAIN, B. T. **Organic matter decomposition in simulated aquaculture ponds**. 2005. 146 f. PhD Thesis (Wageningen Institute of Animal Science) Wageningen University, Wageningen.

BIANCHI, M.; et al. Use of <sup>15</sup>N labelled food pellets to estimate the consumption of heterotrophic microbial communities to penaeid prawns diet in closed-system aquaculture. **R. Léel Microbiology in poe-cilotherms**. p. 227-230, 1990.

BOYD, C. E. and CLAY, J.W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 2002. 17 p.

BOYD, C.A. Salinity Balance Key to Culture Success. **Global Aquaculture Advocate**, September/October, p. 78-79, 2007.

BRATVOLD, D.; BROWDY, C. L. Effects of sand sediment and vertical surfaces (AquaMats™) on production, water quality, and microbial ecology in an intensive *Litopenaeus vannamei* culture system. **Aquaculture**, v. 195, p. 81-94, 2001.

BURFORD, M.A.; et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensive, zero-exchange shrimp ponds in Belize. **Aquaculture**, v. 219, p. 393-411, 2003.

BURFORD, M.A.; et al. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. **Aquaculture**, v. 232, p. 525-537, 2004.

CHENG, K.; et al. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium / phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. **Aquaculture**, v. 251, p. 472-483, 2006.

CUZON, G.; et al.. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. **Aquaculture**, v. 235, p. 513-531, 2004.

DAVIS, D.A. ; BOYD, C.E. ; ROUSE, D.B. Effects of potassium, magnesium and age on growth and survival of *Litopenaeus vannamei* post-larvae reared in inland low salinity well waters in West Alabama. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 36, n. 3, p. 416-419, 2005.

DECAMP, O.; et al. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), within experimental zero-water exchange culture systems. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 345-355, 2003.

DEVARAJA, T.N.; YUSOFF, F.M.; SHARIFF, M. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. **Aquaculture**, v. 206, p. 245-256, 2002.

FAO. **The States of World Fisheries and Aquaculture 2004 - SOFIA**. Roma: FAO, 2004a. 174p.

FAO. **The States of World Fisheries and Aquaculture 2006 - SOFIA**. Roma: FAO, 2007b. 180p.

GULLIAN, M.; THOMPSON, F.; RODRIGUEZ, J. Selection of probiotic bacteria and study of their immunostimulatory effect in *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 233, p. 01-14, 2004.

GONZÁLEZ-FÉLIX, M.L.; et al. Nitrogen budget for a low salinity, zero-water exchange culture system: I. Effect of dietary protein level on the performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 798-808, 2007.

GREEN, B. Stocking strategies for production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in amended freshwater in inland ponds. **Aquaculture Research**, v. 39, p. 10-17, 2008.

GROSS, A.; et al. Soil nitrifying enrichments as biofilter starters in intensive recirculating saline water aquaculture. **Aquaculture**, v. 223, p. 51-62, 2003.

HANDY, M.; et al. Nursery trial compares filtration system performance in intensive raceways. **Global Aquaculture Advocate**, August, p. 77-79, 2004.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 34, p. 344-363, 2006.

JORY, D. E. Comments on Biosecurity and Shrimp Farming. **Aquaculture Magazine**, v. 27, n. 4, Jul/Aug, 2001

KAUTSKY, N.; et al. Ecosystem perspective on management of disease in shrimp pond farming. **Aquaculture**, v. 191, p. 145-161, 2000.

LARAMORE, S.; LARAMORE, C.R.; SCARPA, J. Effect of Low Salinity on Growth and Survival of Postlarvae and Juvenile *Litopenaeus vannamei*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, n 4, p. 385-392, 2001.

LEFFLER, J. **Biofloc Research at the Waddell Mariculture Center**. Disponível em: <<http://floc.aesweb.org/content.asp?contentid=379>>. Acesso em 01/05/2008.

LEONARD, N.; et al. Bacteria and nutrients—nitrogen and carbon—in a recirculating system for sea bass production. **Aquacultural Engineering**, v. 26, p. 111-127, 2002.

LI, E.; et al. Growth, body composition, respiration and ambient ammonia nitrogen tolerance of the juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. **Aquaculture**, v. 265, p. 385-390, 2007.

LIMA, H.; et al. **Utilização de melaço de cana-de-açúcar previamente hidrolisado e suplementado para obtenção de ácido l-glutâmico**. Disponível em; <[www.seminagro.com.br/trabalhos\\_publicados/3jornada/02ciencia\\_tecnologia\\_de\\_alimentos/CTA0207.pdf](http://www.seminagro.com.br/trabalhos_publicados/3jornada/02ciencia_tecnologia_de_alimentos/CTA0207.pdf)>. Acesso em: 21/11/2008. In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3, 2008, Bananeiras. Anais...São Paulo.

MCINTOSH, D.; et al. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. **Aquacultural Engineering**, v. 21, p. 215-227, 2000a.

MCINTOSH, P.R. Changing paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. **Global Aquaculture Advocate**, v. 3, p. 44–50, 2000b.

MCINTOSH, P.R. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. **Global Aquaculture Advocate**, v. 4, p. 44–50, 2001.

MCGRAW, W. J.; et al. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* Post-larvae to Low Salinity: Influence of Age, Salinity Endpoint, and Rate of Salinity Reduction. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 1, p. 78-84, 2002.

MIRANDA, F.R.; et al. Reuse of inland low-salinity shrimp farm effluent for melon irrigation. **Aquaculture**, v. 39, p. 1-5, 2008.

MISHRA, J.K.; et al. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. **Aquacultural Engineering**, v. 38, p. 2–15, 2008.

MOSS, S.M.; FORSTER, I.P.; TACON, A.G.J. Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. **Aquaculture**, v. 258, p. 388–395, 2006.

NUNES, A. J. P. Um ano de mudanças, perdas e ganhos. **Panorama da Aquicultura**, Novembro/Dezembro, p. 26-36, 2005.

OSTRENSKY NETO, A. Aquicultura brasileira e sua sustentabilidade. XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 2002, **Anais**. p. 4-10.

RAMSAR CONVENTION ON WETLANDS. **Fish for tomorrow?** 2007. 16p. Disponível em:<[http://www.ramsar.org/wwd/7/wwd2007\\_leaflet\\_s.pdf](http://www.ramsar.org/wwd/7/wwd2007_leaflet_s.pdf)>. Acesso em: 17/05/2007.

READ, P.; FERNANDES, T. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. **Aquaculture**, v. 226, p. 139-163, 2003.

RIECHE, F.; MORAES, J. E. Comunicação. III Simpósio Internacional sobre a Indústria do Camarão Cultivado, III Feira Nacional do Camarão – FENACAM. **Revista do BNDES**, v. 13, n. 26, p. 209-314, 2006.

ROCHA, I. P. Considerações sobre a Carcinicultura Brasileira. III Simpósio Brasileiro sobre Cultivo de Camarão, 1989, **Anais**. v. 2, p. 287-298

ROCHA, I.P.; SILVA, L.S.R.; CARVALHO, R.A. Secondary nurseries support changing needs of growing shrimp. **Global Aquaculture Advocate**, December, p. 75-76, 2003.

ROCHA, I. P. Impactos sócio-econômicos e ambientais da carcinicultura brasileira: mitos e verdades. **Revista da ABCC**, v. 7, n. 4, p. 37-42, 2005.

ROCHA, I. P. Entraves e Soluções para a Recuperação da Competitividade da Carcinicultura Brasileira. Palestra apresentada no XI Seminário Nordestino de Pecuária – PECNORDESTE 2007. Disponível em:

<<http://www.pecnordeste.com.br/pec2008/pecnordeste/doc/aquipisca/Entraves%20e%20Solu%C3%A7%C3%B5es%20para%20a%20Recupera%C3%A7%C3%A3o%20da%20Competitividade%20da%20Carcinicultura%20-%20Itamar%20de%20Paiva%20Rocha.pdf>>. Acesso em 15/02/2009.

RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha – desempenho em 2004. **Revista da ABCC**, v. 7, n. 2, p. 38-44, 2005.

ROY, L.A.; et al. Supplementation of potassium, magnesium and sodium chloride in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. **Aquaculture Nutrition**, v. 13, p. 104–113, 2007.

SAMOCHA, T.M.; et al. **O papel dos sistemas de berçários para melhorar a eficiência de produção das fazendas de camarão. Aquicultura responsável para um futuro seguro: Trabalhos da Sessão Especial do Camarão Cultivado.** World Aquaculture 2003. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana 70803. Estados Unidos, 2003. Tradução ABCC. p. 225-244.

SAMOCHA, T.M.; et al. Characterization of intake and effluent waters from intensive and semi-intensive shrimp farms in Texas. **Aquaculture Research**, v. 35, p. 321-339, 2004.

SAMOCHA, T. M.; et al. Use of molasses as source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, v. 36, p. 184-191, 2007.

SAOUD, I.P.; DAVIS, D.A.; ROUSE, D.B. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. **Aquaculture**, v. 217, p. 373– 383, 2003.

SCHNEIDER, O.; et al. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, v. 261, p. 1239-1248, 2006.

SILVA, A. L. N.; SOUZA, R. A. L. **Glossário de aquicultura.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 1998. 97 p.

SCHROEDER, G. L. Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely-manured fish ponds, and related fish yields. **Aquaculture**, v. 14, p. 303-325, 1978.

TACON, A. G. J. **Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture.** Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. 2002a. 77 p.

TACON, A.G.J.; et al. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, p. 121-137, 2002b.

TACON, A.G.J.; NATES, S.F.; MCNEIL, R.J. Dietary feeding strategies for marine shrimp: a review. In: Avances en Nutrición Acuícola VII. VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. **Memórias.** Noviembre, 2004, Sonora-México.

UGALDE, U.O.; CASTRILLO, J.I. **Single Cell Proteins from Fungi and Yeasts.** s.d. Disponível em: <<http://www.sc.ehu.es/qpwugmau/principal/RevUgalde.PDF>>. Acesso em 17/05/2007.

VALENÇA, A. R.; MENDES, G. N. Importância da composição iônica da água oligohalina e “doce” no cultivo do *Litopenaeus vannamei*. **Panorama da Aquicultura**, Novembro/Dezembro, p. 23-29, 2004.

WANG, J., LEIMAN, J. Optimizing multi-stage shrimp production systems. **Aquaculture Engineering**, v. 22, p. 243–254, 2000.

WASIELESKY, W.J.; et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, p. 396-403. 2006a.

ZELAYA, O. ; ROUSE, D. B.; DAVIS, D. A. Stocking density, nursery duration influence shrimp growth, survival during growout. **Global Aquaculture Advocate**, April, p. 79-80, 2004.

## 6. ANEXO

### 6.1 Normas da Revista

#### Online Manuscript Submission

Springer now offers authors, editors and reviewers of *Aquaculture International* the option of using our fully web-enabled online manuscript submission and review system. To keep the review time as short as possible (no postal delays!), we encourage authors to submit manuscripts online to the journal's editorial office. Our online manuscript submission and review system offers authors the option to track the progress of the review process of manuscripts in real time. Manuscripts should be submitted to: <http://aqui.edmgr.com>

The online manuscript submission and review system for *Aquaculture International* offers easy and straightforward log-in and submission procedures. This system supports a wide range of submission file formats: for manuscripts - Word, WordPerfect, RTF, TXT and LaTeX; for figures - TIFF, GIF, JPEG, EPS, G/L, and Postscript.

NOTE: By using the online manuscript submission and review system, it is NOT necessary to submit the manuscript also in printout + disk.

In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript on line, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on "CONTACT US" from the tool bar.

#### Electronic figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line figures - 600 - 1200 dpi; photographs - 300 dpi; screen dumps - leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times Roman, Courier and Helvetica.

#### Colour figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer: 1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on [www.springer.com](http://www.springer.com) and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

#### Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

#### Reviewing Procedure

*Aquaculture International* is sent to 2 specialist reviewers who remain anonymous unless they specifically choose to confer with the author.

#### Manuscript Presentation

Manuscripts should all be presented in the accepted scientific format e.a. Introduction, Materials and Methods etc. There is no separate format for short communication. The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Manuscripts should leave adequate margins on all sides to allow reviewers' remarks. Please double-space all material, including notes and references. Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a special sense.

Number the pages consecutively with the first page containing:

running head (shortened title)

title

author(s)

affiliation(s)

full address for correspondence, including telephone and fax number and e-mail address

#### Abstract

Please provide a short abstract of 100 to 250 words. The abstract should not contain any undefined

abbreviations or unspecified references.

## Key Words

Please provide 5 to 10 key words or short phrases in alphabetical order.

## Abbreviations

Abbreviations and their explanations should be collected in a list.

## Figures

All photographs, graphs and diagrams should be referred to as a 'Figure' and they should be numbered consecutively (1, 2, etc.). Multi-part figures ought to be labelled with lower case letters (a, b, etc.). Please insert keys and scale bars directly in the figures. Relatively small text and great variation in text sizes within figures should be avoided as figures are often reduced in size. Figures may be sized to fit approximately within the column(s) of the journal. Provide a detailed legend (without abbreviations) to each figure, refer to the figure in the text and note its approximate location in the margin. Please place the legends in the manuscript after the references.

## Tables

Each table should be numbered consecutively (1, 2, etc.). In tables, footnotes are preferable to long explanatory material in either the heading or body of the table. Such explanatory footnotes, identified by superscript letters, should be placed immediately below the table. Please provide a caption (without abbreviations) to each table, refer to the table in the text and note its approximate location in the margin. Finally, please place the tables after the figure legends in the manuscript.

## Section Headings

First-, second-, third-, and fourth-order headings should be clearly distinguishable but not numbered.

## Appendices

Supplementary material should be collected in an Appendix and placed before the Notes and Reference sections.

## Notes

Please use endnotes rather than footnotes. Notes should be indicated by consecutive superscript numbers in the text and listed at the end of the article before the References. A source reference note should be indicated by an asterisk after the title. This note should be placed at the bottom of the first page.

## Cross-Referencing

In the text, a reference identified by means of an author's name should be followed by the date of the reference in parentheses and page number(s) where appropriate. When there are more than two authors, only the first author's name should be mentioned, followed by 'et al.'. In the event that an author cited has had two or more works published during the same year, the reference, both in the text distinguish the works.

*Examples:*

Winograd (1986, p. 204)

(Winograd 1986; Flores *et al.* 1988)

(Bullen and Bennett 1990)

## Acknowledgements

Acknowledgements of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the References.

## References

1. Journal article:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

2. Inclusion of issue number (optional):

Saunders DS (1976) The biological clock of insects. *Sci Am* 234(2):114–121

3. Journal issue with issue editor:

Smith J (ed) (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

4. Journal issue with no issue editor:

*Mod Genomics J* (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

5. Book chapter:

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York

## 6. Book, authored:

South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London

## 7. Book, edited:

Smith J, Brown B (eds) (2001) The demise of modern genomics. Blackwell, London

## 8. Chapter in a book in a series without volume titles:

Schmidt H (1989) Testing results. In: Hutzinger O (ed) Handbook of environmental chemistry, vol 2E. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 111

## 9. Chapter in a book in a series with volume title:

Smith SE (1976) Neuromuscular blocking drugs in man. In: Zaimis E (ed) Neuromuscular junction. Handbook of experimental pharmacology, vol 42. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp593–660

## 10. Proceedings as a book (in a series and subseries):

Zowghi D et al (1996) A framework for reasoning about requirements in evolution. In: Foo N, Goebel R (eds) PRICAI'96: topics in artificial intelligence. 4th Pacific Rim conference on artificial intelligence, Cairns, August 1996. Lecture notes in computer science (Lecture notes in artificial intelligence), vol 1114. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 157

## 11. Proceedings with an editor (without a publisher):

Aaron M (1999) The future of genomics. In: Williams H (ed) Proceedings of the genomic researchers, Boston, 1999

## 12. Proceedings without an editor (without a publisher):

Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. In: Abstracts of the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978

## 13. Paper presented at a conference:

Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. Paper presented at the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978

## 14. Patent:

Name and date of patent are optional

Norman LO (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998

## 15. Dissertation:

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

## 16. Institutional author (book):

International Anatomical Nomenclature Committee (1966) Nomina anatomica. Excerpta Medica, Amsterdam

## 17. Non-English publication cited in an English publication:

Wolf GH, Lehman P-F (1976) Atlas der Anatomie, vol 4/3, 4th edn. Fischer, Berlin. [NB: Use the language of the primary document, not that of the reference for "vol" etc.!]

## 18. Non-Latin alphabet publication:

The English translation is optional.

Marikhin VY, Myasnikova LP (1977) Nadmolekulyarnaya struktura polimerov (The supramolecular structure of polymers). Khimiya, Leningrad

## 19. Published and In press articles with or without DOI:

## 19.1 In press

Wilson M et al (2006) References. In: Wilson M (ed) Style manual. Springer, Berlin Heidelberg New York (in press)

## 19.2. Article by DOI (with page numbers)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med 78:74–80. DOI 10.1007/s001090000086

## 19.3. Article by DOI (before issue publication with page numbers)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med (in press). DOI 10.1007/s001090000086

## 19.4. Article in electronic journal by DOI (no paginated version)

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. Dig J Mol Med. DOI 10.1007/s801090000086

## 20. Internet publication/Online document

Doe J (1999) Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their effects. Royal Society of Chemistry. Available via DIALOG. [http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document](http://www.rsc.org/dose/title%20of%20subordinate%20document). Cited 15 Jan 1999

## 20.1. Online database

Healthwise Knowledgebase (1998) US Pharmacopeia, Rockville. <http://www.healthwise.org>. Cited 21 Sept 1998

## Supplementary material/private homepage

Doe J (2000) Title of supplementary material. <http://www.privatehomepage.com>. Cited 22 Feb 2000  
University site

Doe J (1999) Title of preprint. <http://www.uni-heidelberg.de/mydata.html>. Cited 25 Dec 1999  
FTP site

Doe J (1999) Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt>. Cited 12 Nov 1999

Organization site

ISSN International Centre (1999) Global ISSN database. <http://www.issn.org>. Cited 20 Feb 2000

## Proofs

Proofs will be sent to the corresponding author. One corrected proof, together with the original, edited manuscript, should be returned to the Publisher within three days of receipt by mail (airmail overseas).

## Offprints

25 offprints of each article will be provided free of charge. Additional offprints can be ordered by means of an offprint order form supplied with the proofs.

## Page Charges and Colour Figures

No page charges are levied on authors or their institutions. Colour figures are published at the author's expense only.

## Copyright

Authors will be asked, upon acceptance of an article, to transfer copyright of the article to the Publisher. This will ensure the widest possible dissemination of information under copyright laws.

## Permissions

It is the responsibility of the author to obtain written permission for a quotation from unpublished material, or for all quotations in excess of 250 words in one extract or 500 words in total from any work still in copyright, and for the reprinting of figures, tables or poems from unpublished or copyrighted material.

## Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit <http://www.springer.com/openchoice> to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

## Additional Information

Additional information can be obtained from:

*Aquaculture International*

Springer

P.O. Box 17

3300 AA Dordrecht

The Netherlands

Fax: 78-6576377

Internet: <http://www.springer.com/>



<http://www.springer.com/journal/10499>

Aquaculture International

Journal of the European Aquaculture Society

Editor-in-Chief: G.M. Burnell

ISSN: 0967-6120 (print version)

ISSN: 1573-143X (electronic version)

Journal no. 10499

Springer Netherlands